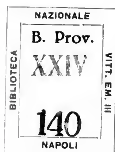
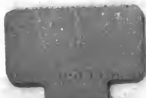
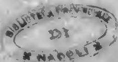

FONDO PROVINCIA


R. ISTITUTO ORIENTALE NAPOLI
BIBLIOTECA M. RIPA
1
41


NAZIONALE
B. Prov.
XXIV
140
BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI







Ueber

die Entstehung der Welt

mit besonderer Rucksicht
auf die Frage:

ob unserm Sonnensystem,
namentlich der Erde und ihren Bewohnern,
ein zeitlicher Anfang zugeschrieben werden muss.

Gekrönte Preisschrift.

Von

C. S. Cornelius.

Das Zweckmässige in der Natur
weist über die Natur hin[illegible]



Halle,
Druck und Verlag von H. W. Schmidt.
1870.



Den Manen

zweier früh Vollendeten:

seiner Frau Emilie geb. Dähne aus Halle

und

seiner Tochter Meta

in innigster Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.



Vorwort.

Von der Redaction der Zeitschrift für exacte Philosophie *) wurde auf Anlass eines namhaften Gelehrten aus Ostpreussen nachstehende Preisaufgabe veröffentlicht:

Sind die Thatsachen der Astronomie, Geologie und Biologie von der Art, dass sie zur Annahme eines zeitlichen Anfanges unseres Sonnensystems und insbesondere der Erde und ihrer Bewohner nöthigen, oder lassen sie sich möglicher Weise auch mit der Annahme ihres ewigen Bestehens vereinigen?

Demnach sollten die betreffenden Thatsachen nicht nur möglichst speciell und übersichtlich dargestellt, sondern auch vornehmlich einer Kritik im Hinblick auf die Frage unterworfen werden, ob aus denselben mit Nothwendigkeit oder doch hoher Wahrscheinlichkeit eine Kosmogonie folge, oder ob sie mit der Ansicht von der Ewigkeit der uns gegebenen zweckmässigen Weltordnung vereinbar seien. Somit sollten denn auch über die Art und den Grad der Gewissheit der aus den Thatsachen abgeleiteten Ueber-

*) Bd. VIII. S. 113 und 228.

zeugungen die nöthigen Erörterungen beigebracht werden. In Betreff der biologischen Partie wurde u. a. eine kritische Prüfung der generatio aequivoca und der Darwin'schen Theorie verlangt.

Nun mag es wohl viele Naturforscher geben, welchen irgend eine Kosmogonie nicht im mindesten zweifelhaft ist. Man sieht ja so vieles werden und entstehen, dass es nahe liegt, auch für den Erdkörper und seine Bewohner, wie für unser Sonnensystem überhaupt einen zeitlichen Ursprung anzunehmen. Doch kann hier eben gefragt werden, ob dieser Schluss nicht etwa eine voreilige Generalisation sei, ob also die Welt ungeachtet der mannigfachen Veränderungen, die thatsächlich in ihr statthaben und sich ohne Zweifel zeitlich vollziehen, nicht dennoch im Grossen und Ganzen so, wie sie dermalen beschaffen ist, von Ewigkeit her existire. Neuerdings ist wenigstens behauptet worden, die Einwendungen der Astronomie und Geologie gegen die Annahme der Ewigkeit der Weltordnung seien unzureichend und keine einzige positive Thatsache stehe mit dieser Annahme im Widerspruche. Indessen lässt sich die Frage nach der Anfangslosigkeit der Welt auf verschiedene Weise fassen, je nachdem man die Ewigkeit auf die uns gegebene zweckmässige Weltordnung, oder nur auf gewisse Realprincipien bezieht. So könnte man wohl unserem Erdkörper und Sonnensystem einen zeitlichen Ursprung zuschreiben, und dennoch die Entwickelungsreihe der Welt für absolut unendlich, also für anfangslos erklären, wie es auch von namhaften Naturforschern geschehen ist. Die Lehre von einer ewigen Welt findet sich vornehmlich in den pantheistischen Systemen der Philosophie.

In der vorliegenden Schrift *) ist nun die Frage über die Ewigkeit der Welt nach verschiedenen Richtungen hin auf Grund bestimmter Thatsachen in Betracht gezogen. Diesen Untersuchun-

*) s. Literarisches Centralbatt für Deutschland von Zarncke. 1870. Nr. 16. S. 454. Zeitschrift für exacte Philosophie im Sinne des neueren philosophischen Realismus, Bd. IX. Heft II.

gen zufolge müssen wir es wenigstens als höchst wahrscheinlich ansehen, dass unser Sonnensystem, insbesondere die Erde und ihre Bewohner nicht von Ewigkeit her existiren, sondern auf eine bestimmte Weise entstanden sind.

Nebenbei bietet diese Schrift auch eine sogenannte Schöpfungsgeschichte, d. h. eine Darstellung der Entwickelung unseres Sonnensystems, der Erde und ihrer Bewohner dar, eine Darstellung, die durch die beständige Bezugnahme auf die gestellte Aufgabe allerdings einen eigenthümlichen Charakter erhielt.

Wir fanden es angemessen, die neuere neptunistische Geologie, die der Annahme eines sogenannten kreisenden Entwickelungsganges der Erde ohne eigentlichen Anfang nicht abhold ist, in ihrem Gegensatze zur plutonistischen Theorie in nähere Erwägung zu ziehen. Ebenso haben wir die Darwin'sche Theorie wegen ihrer vielfachen Beziehungen zu unserer Aufgabe einer eingehenderen kritischen Prüfung unterworfen.

Dass die in Rede stehende Aufgabe auch teleologische Beziehungen darbietet, ist nicht zu verkennen. Obwohl die Teleologie als solche von dem Plane dieser Schrift ausgeschlossen wurde, so stellte sich doch im Laufe der Untersuchung ganz ungezwungen eine Reihe teleologischer Beziehungen heraus, die in Hinsicht auf die Entstehung der zweckmässigen Weltordnung zu einer Wahl zwischen dem absoluten Zufall und einer schöpferischen Intelligenz nöthigen.

Halle, im April 1870.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

Vorwort.

gesteine und sedimentären Formationen. S. 65. — Zeitlicher Anfang der starren Erdkruste überhaupt. S. 65 f. — Einige von neuern Neptunisten ausgesprochene Sätze. S. 66. — Meinung: die Entwickelungsreihe der materiellen Welt sei eine absolut unendliche. S. 66 f. — H. Czolbe S. 67 f. — Gegenüberstellung der beiden geologischen Grundansichten. S. 70. — Speciellere Darstellung der plutonistischen Theorie. S. 71 f. — Eiszeit. S. 75 f. — Bedenken gegen die plutonistische Theorie in Betreff der metamorphischen Felsarten. S. 80. — Plutonische Metamorphose: bewirkt durch hohe Temperatur und starken Druck. S. 82. — Krystallinische Schiefergesteine. — Krystallinisch-korniger Kalkstein. S. 85. — Hydrochemische Metamorphose. S. 89. — Dolomit. — Erze. — Veranderungen im Innersten der Gesteine unter Mitwirkung des Wassers. S. 90 f. — Mikroskopische Untersuchungen der Gesteine. — Wassergehalt aller krystallinischen Gesteine. S. 92. — Bedenken gegen die plutonistische Theorie im Hinblick auf den Wassergehalt der krystallinischen Gesteine. — Verschiedene Ansichten in Betreff des Wassergehaltes. — Die krystallinisch-massigen Gesteine, namentlich die Granite, können durch Erstarrung einer schmelzflüssigen, von Wasser durchzogenen Masse unter hohem Drucke entstanden sein. S. 93. — Versuch zur Beseitigung einiger Schwierigkeiten, die man in Hinsicht auf die Entstehung der krystallinisch-massigen Gesteine durch Erstarren aus einem schmelzflüssigen Zustande hervorgehoben hat. S. 94 f. — Unterscheidung zwischen plutonischer und vulkanischer Bildung. S. 96. — Eine Bestätigung für die eruptive Entstehung der krystallinisch-massigen Gesteine sieht man in den Einschlüssen von Gebirgsgesteinen, die von jenen durchbrochen wurden. S. 97. — Einwand gegen die eruptive Entstehung der Granite, hergenommen von dem Mangel an Schmelzung und anderen Veränderungen der durchbrochenen Gesteine. — Die Lagerungsverhältnisse der krystallinisch-massigen Gesteine sollen nach der Ansicht vieler Geologen entschieden für eine eruptive Entstehung dieser Gesteine sprechen. S. 98 f. — G. Bischof. S. 99 f. — Bei den Bildungsvorgangen, welche die Entwickelung unseres Erdkörpers bedingten, war nicht allein das Wasser, sondern auch die Wärme, und zwar im Sinne der plutonistischen Theorie ein sehr wirksames Agens. S. 101. — Innere Erdwärme. S. 101 f. — Die äusseren von der Sonne herrührenden Temperaturschwankungen dringen nur bis zu einer gewissen Tiefe in die Erdrinde ein. — Schicht constanter Temperatur. — Von dieser Schicht an finden sich mit wachsender Tiefe immer höhere Temperaturgrade. S. 103. — Schmelzflussiger Zustand des Erdinnern. — Reaction der schmelzflüssigen Innenmasse gegen die starre Erdkruste. S. 104 f. — Vulkane. — Mitwirkung von Wasserdampfen bei den vulkanischen Erscheinungen. Einwand dagegen. S. 105 f. — Grosse Ausdehnung verschiedener vulkanischen Zonen. S. 106. — Erdbeben. — Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen und Erdbeben mit der Mondstellung. Ebbe und Fluth der heissflüssigen Innenmasse. S. 109. — Zusammenhang der Erdbeben mit den Jahreszeiten S. 110 f. — Andere Ansicht uber die Entstehung der Erdbeben und Vulkane. Diese Ansicht ist innerhalb gewisser Grenzen zulässig, hebt aber die plutonistische Theorie der Erdbeben und Vulkane nicht auf. S. 111 f. — Mohr's Ansicht von der Ursache der inneren Erdwarme. S. 115. — Die Existenz eines schmelzflüssigen Erdinnern ist immerhin wahrscheinlich. S. 118. — Wahrscheinlich ist auch die Entstehung der Silicatgesteine durch Erstarren aus einem schmelzflüssigen Zustande, und demgemäss auch die Annahme, dass sich einstmals die

— Die natürliche Zuchtwahl ist ein vieldeutiges, mystisches Ding. — Bei genauerer Erwägung kann es nicht befremden, dass die Darwin'sche Theorie ungeachtet ihrer auffälligen Schwächen für Viele doch etwas Verlockendes hat. S. 173. — Erinnerung an die alte sogenannte Naturphilosophie. — Die Darwin'sche Theorie kann leicht zum Pantheismus hinführen, einmal in Folge des ihr zu Grunde liegenden Princips der individuellen Variabilität und dann auch wegen der Neigung, allgemeine durch Abstraction gewonnene Begriffe als real zu nehmen. S. 174 f. — Die Annahme eines Gesetzes aufsteigender Entwickelung im pantheistischen Sinne ist schlechthin unvereinbar mit dem, was wir auf Grund bestimmter Thatsachen von den chemischen Elementen wissen, aus welchen die organischen Körper zusammengesetzt sind. S. 176 f. — Nähere Erörterung der gestellten Aufgabe nach ihren physiologischen oder biologischen Beziehungen. S. 177 ff. — Die Eiweisskörper oder Proteinstoffe. — Die Thiere empfangen die zu ihrer Existenz nöthigen Proteinstoffe unmittelbar oder mittelbar aus der Pflanzenwelt. — Die Pflanzen können die Proteinstoffe nicht unmittelbar aus den betreffenden anorganischen Elementen bereiten. — Da die Herstellung der Proteinstoffe die Existenz von Organismen voraussetzt, so könnte man auch diesen Umstand zu Gunsten der Ansicht von der Ewigkeit des organischen Lebens benutzen. Bei genauerer Erwägung ergibt sich jedoch ein dieser Ansicht widersprechendes Resultat. S. 181 ff. — Weitere biologische Betrachtungen vom Standpunkte der atomistisch-mechanischen Naturansicht. S. 182 f. — Die Kräfte der Anziehung und Abstossung sind ein Ausdruck des qualitativen Verhaltens der Atome zu einander. — Tiefer gefasste Atomistik: Monadologie. — Die Atome besitzen keine ursprünglichen Tendenzen oder Kräfte, daher auch keine ursprünglichen Lebenskräfte. S. 187. — Alles was geschieht muss eine Ursache haben. S. 187 f. — Der Satz: Alles müsse eine Ursache haben, ist zu verwerfen. Doch folgt aus der Verwerfung dieses Satzes nichts zu Gunsten der Annahme eines ewigen Bestehens der zweckmässig geordneten Welt. — Zeitlose Ewigkeit ohne Unterschied von Momenten. — Mit dem blossen ursprünglichen Zusammen der Atome ist noch nicht die Existenz irgend einer organischen Zweckform gegeben, auch dann nicht, wenn man Atome von geeigneter Qualität in den erforderlichen quantitativen Verhältnissen als ursprünglich zusammen annimmt. — Es muss eine Ursache vorhanden sein, welche eine beharrliche (resp. krystallinische) Configuration von der Art, wie sie anorganische Verbindungen häufig darbieten, verhindert und dagegen einen mannigfachen Uebergang der Atome und Molecüle aus einer Lage in die andere, und demgemäss eine mannigfaltige und stetige Umwandlung der aus ihnen zusammengesetzten Stoffe gestattet. Diese Ursache kann nicht in einer besonderen Lebenskraft liegen, sondern nur in einem Systeme innerer Reactionszustände, welches die Atome der betreffenden Stoffe in Folge einer bestimmten Reihe von Wechselwirkungen gewonnen haben. S. 189 ff. — Die inneren und äusseren Zustände der Atome bestimmen sich gegenseitig. — Innere Bildung und Reizbarkeit der Atome. S. 191. — Das organische Leben auf unserer Erde konnte sich nur allmälig entwickeln; es hat einen zeitlichen Anfang. S. 192. — Höhere Organismen konnten erst gedeihen, nachdem ihnen durch niedere der Boden und die Nahrung bereitet waren. — Assimilation. — Ueber einige Beziehungen der dargelegten biologischen Grundbegriffe zur Darwin'schen Theorie. S. 193 f. — Die Darwin'sche Transmutationstheorie findet unter Bezugnahme auf die hervorge-

hobenen monadologischen Principien nicht sowohl Bestätigung, als vielmehr Widerlegung. S. 196. — Hypothese der Keimmetamorphosen (H. Baumgärtner). S. 198. — Der Gedanke, dass sich die höheren Organismen aus den Keimen niederer entwickelten, ist nicht schlechthin zu verwerfen; doch fehlt der Annahme eines solchen genetischen Zusammenhanges der organischen Schöpfung zur Zeit noch eine genügende empirische Basis. S. 202. — Die Umprägung der Arten (Oswald Heer) S. 202 f. — Höhere Organismen konnten sich aus den Keimen niederer nur dann entwickeln, wenn die innere Bildung dieser Keime in Folge besonderer Wechselwirkungen einen besonderen Zusatz erhielt. Dies erforderte aber besondere organisirende Einflüsse, die wohl erwogen zu dem Gedanken einer schöpferischen Intelligenz hinführen. S. 205 f. — Verschiedene Annahmen in Bezug auf die ursprünglichen räumlichen Verhaltnisse der Weltatome. S. 207 f. — Ursprüngliches Zusammen oder Nichtzusammen der Atome. — Ursprüngliche Ruhe oder ursprüngliche Bewegung. — Wo kein Wechsel, da ist keine Zeit. — Uebertragung der Vorstellung zeitlicher Dauer auf das, was an sich gar keine Zeitbestimmung zulässt. S. 208. — Auf Grund der hervorgehobenen Principien ist der Anfang irgend eines Naturlaufes nicht wunderbar, eben so wenig der Fortgang desselben Wunderbar ist und bleibt aber der Anfang eines zweckmassigen Naturlaufes. — In Hinsicht auf die Entstehung der uns gegebenen zweckmässig geordneten Welt haben wir nur die Wahl zwischen dem absoluten Zufall und einer schöpferischen Intelligenz. S. 209. — Es ist nicht gestattet: auf die schöpferische Intelligenz ohne Weiteres diejenigen Causalbegriffe zu übertragen, welche man auf Grund des erfahrungsmässig Gegebenen gewonnen hat.

Erste Abtheilung.

Von der Entstehung des Sonnensystems.

Die vornehmsten Glieder unseres Sonnensystems, die man insgemein Planeten nennt, befinden sich bekanntlich nicht allein in sehr ungleichen Abständen von der Sonne, sondern bieten auch in Hinsicht auf die Grösse und Dichtigkeit ihrer Massen sehr erhebliche Unterschiede dar. Doch hat sich für die älteren Planeten in Ansehung ihrer mittleren Abstände von der Sonne eine gewisse Gesetzlichkeit ergeben, wie denn auch die Dichtigkeitsverhältnisse dieser Planeten im Allgemeinen eine gewisse Regelmässigkeit bekunden, die darin besteht, dass die Dichtigkeit der inneren — der Sonne näher liegenden — Planeten im Ganzen grösser ist als die Dichtigkeit der äusseren Planeten. Das andere Gesetz, welches die mittleren Abstände der Planeten von der Sonne betrifft, wird nachstehende Zahlenreihe zur Anschauung bringen.

Mercur . .	8 Millionen Meilen	8
Venus . .	$8 + 3.2$ . . .	14
Erde . . .	$8 + 3.2^2$ . . .	20
Mars . . .	$8 + 3.2^3$ . . .	32
. . . . . .	. . . .	.
Jupiter . .	$8 + 3.2^5$ . . .	104
Saturn . .	$8 + 3.2^6$ . . .	200
Uranus . .	$8 + 3.2^7$ . . .	392

Fügen wir zu diesen Planeten noch den in neuerer Zeit entdeckten, jenseits des Uranus liegenden Neptun, so haben wir für dessen mittleren Abstand von der Sonne im Sinne der aufgestellten Reihe den Werth $8 + 3.2^8$.

Im Uebergange vom Mars zum Jupiter findet sich der regelmässige Fortschritt der Reihe unterbrochen. Die Erkenntniss dieser Lücke führte zu der Vermuthung, dass zwischen Mars und Jupiter noch ein kleinerer Planet vorhanden sein möchte. Diese Vermuthung fand durch fortgesetzte Berechnungen und Beobachtungen eine gewisse Bestätigung. Man entdeckte nämlich die Ceres, und danach in ziemlich rascher Aufeinanderfolge Pallas, Juno und Vesta, zu denen sich neuerdings noch eine grosse Anzahl kleinerer Genossen gesellte. Diese kleineren planetarischen Massen, deren Zahl mit Einschluss der zuvor genannten bereits über 100 hinausgeht, sind die sogenannten Planetoiden, welche von manchen Astronomen nach einer zuerst von Olbers geäusserten Vermuthung als Bruchstücke eines grösseren, auf irgend eine Weise zertrümmerten Planeten angesehen werden.

Man weiss nun ferner, dass allen Planeten eine zwiefache Bewegung eigen ist. Jeder Planet dreht sich nämlich um eine durch den Mittelpunkt seiner Masse gehende Axe und hat zugleich eine fortschreitende (progressive) Drehbewegung um einen ausserhalb seiner Masse gelegenen Centralpunkt. Beide Bewegungen geschehen in Rücksicht aller Planeten nach derselben Richtung; sie alle drehen sich in der Richtung von West nach Ost um sich selbst und von W. nach O. auch um ihren gemeinsamen Centralkörper, die Sonne, der ebenfalls eine Axendrehung von W. nach O. eignet.

Unter den aufgezählten grösseren Planeten giebt es mehrere, die von anderen Weltkörpern umkreist, und von denselben auf ihrer Bahn um die Sonne begleitet werden. So besitzt bekanntlich unsere Erde einen Nebenplaneten oder Trabanten: den Mond, der Planet Mars 4, Saturn 8 und Uranus 6 Trabanten. Der Saturn ist überdiess noch durch mehrere ihn concentrisch umgebende Ringe, die frei in der Ebene seines Aequators schweben und durch leere Zwischenräume von einander getrennt sind, charakterisirt. Auch der Neptun wird nach Beobachtungen von Lassel und Bond von einem (wahrscheinlich von mehreren) Nebenplaneten umkreist.

Alle diese Satelliten haben eine Axendrehung von West nach Ost und bewegen sich in gleichem Sinne um ihre Hauptplaneten.

Sonach ist die Schaar der selbstständigen Weltkörper, die zusammen unser Sonnensystem constituiren, eine nicht unbeträchtliche, selbst wenn wir von den sogenannten Planetoiden absehen.

Kann man nun dieses System, insbesondere die übereinstimmende Bewegung seiner Glieder, als ein von Ewigkeit her bestehendes begreifen?

Bevor wir diese Frage in nähere Erwägung ziehen, wollen wir unseren Blick erst auf die Hauptpunkte der Planetenbewegung richten.

Die Bewegung der Planeten um die Sonne ist als eine sogenannte Centralbewegung im Allgemeinen eine krummlinige. Jede krummlinige Bewegung lässt sich aber nach dem Parallelogramm der Kräfte auf zwei geradlinige Bewegungen zurückführen.

Ein in A befindlicher Körper, der sich geradlinig und gleich-



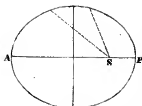
förmig nach der Richtung AT bewegt, werde von einer Kraft ergriffen, die ihn geradlinig von A nach C zu treiben sucht. Derselbe wird dann eine Ablenkung von seiner ursprünglichen Bewegungsrichtung AT erfahren und während einer gewissen Zeit die Diagonale AD des Parallelogramms $ABDE$ zurücklegen, wo AE die Strecke ist, welche der Körper vermöge der ablenkenden Ursache allein in einer gewissen Zeit nach C hin durchlaufen könnte, AB hingegen den Weg bezeichnet, den der Körper in derselben Zeit nach der Richtung AT zurücklegen würde, wenn jene Kraft nicht existirte. Nun sollte der Körper nach dem Gesetze der Beharrung in der Richtung AD gleichförmig weiter gehen und im nächsten gleich grossen Zeittheilchen den Weg $DF = AD$ beschreiben. Wenn aber die ablenkende Ursache in D von neuem auf den Körper wirkt, dergestalt, dass ihn dieselbe allein in jenem Zeittheilchen durch den Weg DJ treiben würde: so müssen die beiden gradlinigen Bewegungen, von denen die eine nach DF und die andere nach DJ gerichtet ist, sich wiederum zu einer mittleren Bewegung DG zusammensetzen. Auf solche Weise wird der Körper, wenn der eben beschriebene Vorgang sich immer von neuem wiederholt, um den Punkt C eine gebrochene Linie beschreiben, statt deren

jedoch eine krumme Bahn resultirt, falls die ablenkende Ursache ohne Unterlass wirkt. — Die Richtungen *AB*, *DF* u. s. w., nach welchen der Körper fortschreiten würde, wenn die Wirkung der ablenkenden Ursache bei seiner Ankunft in *A*. *D* u. s. w. plötzlich wegfiele, sind Tangenten der krummen Bahn, die der Körper beschreibt.

Während seiner Bewegung in krummer Bahn behält der Körper das Bestreben bei, sich von dieser Bahn in tangentialer Richtung zu entfernen. Mann nennt dieses Bestreben die Tangentialkraft, die Ursache hingegen, welche den Körper nach dem Centralpunkte hintreibt, die Centripetal- oder Centralkraft. Von diesen beiden Kräften unterscheidet man noch die Centrifugalkraft, die sich indess als eine unmittelbare Folge der Tangentialkraft ansehen lässt. Dieselbe ist nämlich das aus der seitlichen (tangentialen) Bewegung resultirende Bestreben des Körpers, sich von dem Centralpunkte nach einer auf der krummen Bahn normalen Richtung zu entfernen. Dieser Centrifugalkraft wirkt die Centralkraft entgegen, so dass sie durch die letztere selbst oder durch eine Seitencomponente derselben aufgehoben wird, je nachdem die Bewegung in einem Kreise oder in einer anderen Curve geschieht.

Was nun die Gestalt der krummen Bahn betrifft, welche der Körper um den Centralpunkt (*C* Fig. S. 3) beschreibt. so ist dieselbe durch die Richtung und Geschwindigkeit der anfänglichen geradlinigen Bewegung, durch den anfänglichen Abstand des Körpers vom Centralpunkte und durch das Gesetz bedingt, nach welchem die ablenkende Ursache auf den Körper wirkt. Je nach dem Verhältniss dieser Elemente zu einander kann die Curve eine geschlossene sein, sich dem Centralpunkte fortwährend nähern, oder sich beständig von demselben entfernen.

Wir kennen indess die Gesetze, welche die Planeten in ihrer Bewegung um die Sonne befolgen. So besagt das erste Kepler'sche Gesetz, dass die Planeten sich in ebenen Curven bewegen, und ihre Radiivectores um den Mittelpunkt der Sonne den Zeiten proportionale Flächenräume beschreiben. Nach dem 2. Kepler'schen Gesetze sind die mittleren Bahnen der Planeten Ellipsen, in deren einem Brennpunkte *S* die Sonne steht. Jeder Planet ist der Sonne am nächsten in dem einen Endpunkte *P* der grossen Axe der Bahn, wo er den grössten Durchmesser, von der Sonne aus betrachtet, zeigt, und sich am schnellsten bewegt, hingegen am entferntesten



von der Sonne in dem Punkte A, dem Aphelium, wo er den kleinsten Durchmesser zeigt und sich am langsamsten bewegt. Der Radiusvector ist die vom Mittelpunkte der Sonne nach irgend einem Punkte der elliptischen Bahn gedachte gerade Linie, die also den Zeiten proportionale Flächenräume beschreibt, so dass in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume in der Form von elliptischen Sectoren beschrieben werden. Nach dem dritten Kepler'schen Gesetze verhalten sich endlich die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten der Planeten wie die Cubi ihrer mittleren Abstände von der Sonne.

Auf Grund dieser Gesetze wurde von Newton mit Evidenz dargethan, dass die Planeten in ihrer Bewegung um die Sonne von einer Kraft getrieben werden, die beständig nach dem Mittelpunkte der Sonne gerichtet ist und deren Wirkung auf verschiedene Planeten an jedem beliebigen Orte im umgekehrten Verhältniss mit Quadrat ihrer Abstände von der Sonne steht. Ganz Analoges gilt für die Trabanten in Beziehung auf ihre Hauptplaneten. So wird auch der Mond in seiner krummlinigen Bewegung um die Erde durch eine nach dem Mittelpunkte der letzteren gerichtete, dem Quadrate des Abstandes umgekehrt proportionale Kraft erhalten. Daher ist denn die Schwere an der Erdoberfläche nur ein besonderer Fall der allgemeinen Gravitation, wornach je zwei Körper, wenn sie sonst nichts hinderte, sich mit zunehmender Geschwindigkeit nach ihrem gemeinsamen Schwerpunkte hin bewegen würden. Unter der Gravitation ist hier eine Bewegungsursache zu verstehen, die sich auf beide Körper zugleich und gleichmässig erstreckt, und denselben in jedem Moment Geschwindigkeiten ertheilt, die im umgekehrten Verhältniss der Massen stehen, wobei noch, was die Intensität der Wirkung betrifft, das quadratische Verhältniss der Entfernung in Betracht kommt. Insgemein denkt man aber in Hinsicht auf die Gravitation an eine wechselseitige Anziehung der betreffenden Körper und spricht demgemäss das von Newton begründete Gravitationsgesetz dahin aus, dass die materiellen Theilchen aller Körper sich gegenseitig anziehen im directen Verhältniss ihrer Massen und im umgekehrten des Quadrates ihrer Entfernung.

Vom mechanischen Gesichtspunkte aus fällt die Gravitation

unter den Begriff der sogenannten continuirlichen Kräfte, die eine, je nach den Umständen gleichförmig oder ungleichförmig beschleunigte Bewegung der von ihnen ergriffenen Körper zur Folge haben. Die elliptische Bewegung der Planeten erfordert aber ausser einer solchen Kraft noch eine einfache in Bezug auf den Centralpunkt seitwärts gerichtete — tangentiale — Bewegung.

Behauptet man nun, jede Bewegung setze eine Ursache voraus, so gilt dies auch von der Tangentialbewegung der Planeten. Als Ursache dieser Bewegung haben wir denn eine sogenannte momentane Kraft, etwa in der Form eines Stosses anzunehmen, oder eine continuirliche Kraft, die nur eine gewisse Zeit hindurch wirkte und dann den betreffenden Körper sich selbst überliess, so dass derselbe mit der erlangten Geschwindigkeit nach dem Gesetze der Beharrung in einer bestimmten Richtung gleichförmig weiter strebte. Die hervorgehobene Uebereinstimmung in der Bewegung sämmtlicher Planeten erfordert aber auch eine bestimmte Gleichsinnigkeit in Bezug auf die Kraft, welche die Tangentialbewegung bewirkte. Darum sah Newton in dieser Kraft den Finger Gottes. Auch hängt es von der anfänglichen Geschwindigkeit der Tangentialbewegung, von der anfänglichen Lage und dem Abstande des Körpers vom Centralpunkte ab, ob die krummlinige Bahn des Körpers eine Ellipse (resp. ein Kreis), eine Parabel oder Hyperbel wird.

Stände nun die gemachte Voraussetzung ausser allem Zweifel, so könnte man unser Sonnensystem in Anbetracht seiner dermaligen mechanischen Verhältnisse gewiss nicht als ein von Ewigkeit her bestehendes auffassen. Indessen lässt sich die Richtigkeit der Voraussetzung, dass jede Bewegung einer Ursache bedürfe, gar sehr in Zweifel ziehen. Es erscheint nicht nothwendig, jede Bewegung als Wirkung einer Ursache anzusehen; es ist auch eine ursprüngliche, d. h. ursachlose Bewegung denkbar. Man gibt sich einem Vorurtheile hin, das zumeist in einer falschen oder doch unvollständigen Induction begründet ist, wenn man die Ruhe als den ursprünglichen, gewissermaassen natürlichen Zustand der im Raume befindlichen Objecte ansieht. Freilich kann ein Körper, der einmal ruht, nicht von selbst in Bewegung übergehen; es ist dazu eine Ursache erforderlich, wie auch eine einmal vorhandene Bewegung nur durch eine Ursache in Hinsicht auf Richtung und Geschwindigkeit abgeändert werden kann. Hierin besteht das Gesetz

der Beharrung oder Trägheit, das jedoch eine ursprüngliche, also ursachlose Bewegung eben so wenig wie ursprüngliche Ruhe ausschliesst. Denken wir uns aber eine Menge ursprünglicher, voneinander unabhängiger Körper im Raume zerstreut, so ist, abgesehen von einem besonderen Causalverhältniss, eine Bewegung derselben nach ursprünglich mannichlaltigen Richtungen bei weitem eher zu erwarten als gegenseitige Ruhe, da diese im Hinblick aul zahllose mögliche, grössere oder kleinere Geschwindigkeiten nur den einen Fall betrifft, wo die Geschwindigkeit gerade gleich Null ist. Doch dürfen wir uns unter einer solchen ursprünglichen Bewegung nur die einfachste aller Bewegungen denken, nämlich die geradlinige gleichförmige Bewegung, deren Geschwindigkeit stets constant bleibt, so dass das Bewegte in gleichen Zeiten stets gleiche Wege zurücklegt. Jede Abänderung dieser Bewegung in Betreff der einmal vorhandenen Richtung und Geschwindigkeit würde, wenn man sie ohne Annahme einer äusseren Ursache dem Bewegten selbst zuschreiben wollte, sofort einen Widerspruch ergeben.

Jene momentane Kraft, die als Ursache der Tangentialbewegung angenommen wird, erscheint also nur dann nothwendig, wenn man voraussetzt, die Planeten hätten irgend einmal in völliger Ruhe der Sonne gegenüber gelegen. Die Gravitation würde sie dann in geraden Linien nach der Sonne hin getrieben haben: eine Centralbewegung um die letztere wäre nicht möglich gewesen. Nimmt man dagegen, was ohne Zweifel gestattet ist, eine ursprüngliche (ursachlose) Bewegung der einmal als vorhanden vorausgesetzten Planeten an, so folgt sofort ohne Stoss Bewegung in irgend welchen Kegelschnitten um die Sonne, freilich nicht sofort die elliptische Bewegung der Planeten nach den Kepler'schen Gesetzen. Auch folgt daraus nicht sofort die Uebereinstimmung, welche sämmtliche Planeten in Hinsicht auf ihre Bewegungsrichtung darbieten, da bei einer grossen Menge solcher Körper vielmehr eine ursprüngliche Bewegung nach ursprünglich manniglaltigen Richtungen zu erwarten ist.

Es dürlte nun wohl der Versuch, die Harmonie der Planetenbewegungen lediglich aus der Wechselwirkung einer grossen Anzahl voneinander unabhängiger, nach mannigfachen Richtungen in ursprünglicher Bewegung begriffener Körper abzuleiten, als ein thörichtes Beginnen erscheinen, wenigstens Solchen, die in Hin-

sicht auf die wunderbaren Fügungen des Zufalls nicht zu den sehr Starkgläubigen gehören.

Wir lassen hier einige Betrachtungen folgen, die man unter gewissen Voraussetzungen über den Ursprung der Planetenbewegung im Hinblick auf ihre anfängliche Geschwindigkeit angestellt hat. Man weiss, dass ein Planet, wenn die Centralkraft allein auf ihn wirkte, eine nach der Sonne gerichtete gerade Linie beschreiben würde. Dagegen würde die nach dem Gesetze der Beharrung fortdauernde Tangentialbewegung, deren Grösse und Richtung durch die nach der Entfernung veränderliche Centralkraft verschiedentlich modificirt wird, für sich allein den Planeten in einer geraden von der Sonne abwärts gerichteten Linie fortführen. Beide Kräfte, die Centralkraft und sogenannte Tangentialkraft, bedingen die gekrümmte Bahn des Planeten. Die Krümmung dieser Bahn hängt aber, wie wir schon bemerkten, von der Grösse der anfänglichen Geschwindigkeit (oder des ersten Stosses) und von der Stärke der Centralkraft ab, welche letztere wiederum von der Entfernung des Planeten von der Sonne abhängig ist. Wären nun die Wirkungen beider Kräfte in dem Moment, wo der Planet sich zu bewegen anfing, gleich gewesen, so hätte eine vollkommen kreisförmige Bahn entstehen müssen. Falls aber die ursprüngliche Geschwindigkeit des Körpers nur im geringsten kleiner oder grösser war, als zur Kreisbahn erfordert wird, musste auch seine Entfernung von der Sonne kleiner oder grösser werden, indem er der Tangente seiner Bahn weniger oder mehr folgte. In diesem Falle konnte die Bahn nicht ein Kreis, wohl aber eine Ellipse werden, in welcher der Ort des Anfanges entweder die Sonnenferne (Aphelium) oder die Sonnennähe (Perihelium) war. Nicht in allen Fällen jedoch, mit Ausschluss desjenigen, welchem die Kreisbahn entspricht, konnten Ellipsen entstehen, da ein Körper, der von einer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionalen Kraft nach einem festen Punkte getrieben wird, überhaupt nur einen Kegelschnitt beschreiben wird *). Gesetzt nun, die Bewegung des Planeten habe in

*) Ist die Grösse der Centralkraft (resp. Anziehungskraft) gegeben, so hängt die Beschaffenheit der Kegelschnittslinie lediglich von der anfänglichen Geschwindigkeit des Körpers ab, indem die anfängliche — zur Centralbewegung überhaupt geeignete — Richtung blos auf die Dimensionen der Curve Einfluss hat.

Bekanntlich ist bei jeder veränderlichen Bewegung die Geschwindigkeit durch

seinem Perihel begonnen. Die Entfernung des letzteren vom Sonnenmittelpunkte sei in Theilen der grossen Halbaxe der Erdbahn

---

das Differentialverhältniss zwischen Raum und Zeit charakterisirt. Wir haben daher, wenn ds das während des Zeitelements dt beschriebene Bogenelement bezeichnet, $v = \frac{ds}{dt} = \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{dt}$, falls x, y die Coordinaten des Mittelpunktes der Masse des Körpers sind. In Bezug auf Polarcoordinaten hat man $dx^2 + dy^2 = dr^2 + r^2 d\varphi^2$, wo r den Radiusvector und φ den Winkel bezeichnet, welchen derselbe mit einer festen Linie einschliesst. Ferner besteht in Ansehung der Kraft R, welche nach der Richtung des Radiusvector auf den Körper wirkt, die Relation

$$\frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} = -2\int Rdr \quad \text{oder} \quad \frac{dr^2 + r^2 d\varphi^2}{dt^2} = -2\int Rdr$$

Ist nun diese Kraft dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional und in der Entfernung Eins gleich μ, so ist dieselbe in der Entfernung $r := \frac{\mu}{r^2}$.

Demnach

$$2\int Rdr = 2\int \frac{\mu dr}{r^2} = -2\frac{\mu}{r} + C,$$

und

$$\frac{dr^2 + r^2 d\varphi^2}{dt^2} = 2\frac{\mu}{r} - C,$$

wo C die willkürliche Constante bezeichnet. Sei nun, um den Werth dieser Constanten zu bestimmen, d die anfängliche Entfernung des Körpers vom Centralpunkte, und v die anfängliche Geschwindigkeit. Es folgt dann aus dem Vorstehenden

$$v^2 = \frac{2\mu}{d} - C \text{ und } C = \frac{2\mu}{d} - v^2.$$

Nun lässt sich ferner leicht darthun, dass die Bahn des Körpers eine Ellipse, Parabel, oder Hyperbel wird, je nachdem

$$C > o, \; C = o, \; C < o,$$

d. h.

$$v^2 < \frac{2\mu}{d}, \; v^2 = \frac{2\mu}{d}, \; v^2 > \frac{2\mu}{d}.$$

Setzt man die Centralkraft in der Entfernung

$$d, \text{ also } \frac{\mu}{d^2} = g, \quad \text{so ist } \frac{2\mu}{d} = 2gd,$$

woraus sich ergibt, dass der Mittelpunkt der Masse eines Körpers, der von einer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionalen Kraft gegen einen festen Punkt getrieben wird, eine Ellipse, Parabel, oder Hyperbel beschreibt, je nachdem seine anfängliche Geschwindigkeit kleiner, eben so gross, oder grösser ist, als die Endgeschwindigkeit eines Körpers, welcher ohne Anfangsgeschwindigkeit durch eine Fallhöhe gleich der Entfernung beider Punkte von einer constanten beschleunigenden Kraft g getrieben wird, die der Centralkraft in der eben bezeichneten Entfernung gleich ist.

ausgedrückt = d. Die anfängliche Geschwindigkeit des Planeten, deren Richtung in unserem Falle senkrecht auf der grossen Axe der Bahn war, werde mit v bezeichnet, worunter also die von dem Körper in der ersten Sekunde zurückgelegte, in geographischen Meilen ausgedrückte Strecke zu verstehen ist. Auf dem Wege der Rechnung findet sich denn, dass der Planet, wenn $v = 4{,}104013\sqrt{\frac{2}{d}}$ ist, eine Parabel, wenn $v < 4{,}104013\sqrt{\frac{2}{d}}$, eine Ellipse, und falls $v > 4{,}104013\sqrt{\frac{2}{d}}$ ist, eine Hyperbel beschreiben muss, dagegen einen Kreis, wenn $v = \frac{4{,}104013}{\sqrt{d}}$, und wieder eine Ellipse, wenn $v < \frac{4{,}104013}{\sqrt{d}}$ ist, jedoch im letzteren Falle nur dann, wenn der Entstehungsort der Bewegung mit dem Aphelium des Planeten zusammenfällt.

Demzufolge müssen nun bei einer anfänglichen Geschwindigkeit von 0,01 bis 12,97 Meilen (in einer Secunde) Ellipsen entstehen, wenn der Anfang der Bewegung in der Sonnenferne stattfindet. Bei einer Geschwindigkeit von 12,98 Meilen würde in demselben Falle ein Kreis entstehen. Nimmt man dagegen als Entstehungsort der Bahn die Sonnennähe, so werden bei einer anfänglichen Geschwindigkeit von 12,99 bis 18,34 Meilen Ellipsen, bei einer Geschwindigkeit von 18,36 bis ∞ (unendlich) Meilen aber hyberbolische Bahnen entstehen. Für eine Geschwindigkeit von 18,35 Meilen würde die Bahn parabolisch ausfallen.

Man erhält zur Bestimmung der anfänglichen Geschwindigkeit den obigen ganz ähnliche Ausdrücke, wenn man unter der Voraussetzung, die Bewegung des Planeten sei in seinem Aphelium entstanden, die ebenfalls in Theilen der halben grossen Axe der Erdbahn ausgedrückte Entfernung des Aphels vom Sonnenmittelpunkte in die Rechnung einführt. Mit Rücksicht auf die bekannten Werthe der grossen Axen und Excentricitäten der Planetenbahnen ergeben sich folgende anfängliche Geschwindigkeiten, denen die wahren beobachteten Geschwindigkeiten beigefügt sind.

Planet.	Anfängliche Geschwindigkeit		Wahre beobachtete Geschwindigkeit in der Ellipse		
	für die Parabel.	für den Kreis.	in der mittl. Entfernung	im Perihel.	im Aphel.
Mercur .	9,64	6,82	6 91	8,34	5,49
Venus .	7,06	4,99	4,95	4,99	4.92
Erde .	6,28	4,16	4,20	4,28	4,13
Mars .	4 86	3.44	3,42	3,74	3,11
Jupiter .	2,63	1,86	1,84	1,94	1,76
Saturn .	1,94	1,37	1,36	1,44	1,29
Uranus . .	1,37	0,97	0,96	1,01	0,92

Die Zahlen dieser Tabelle lassen erkennen, dass die wahren Geschwindigkeiten der Planeten in irgend welchen Punkten ihrer Bahnen nur wenig von den in Kreisen stattfindenden Geschwindigkeiten abweichen. Sonach kann es in der ganzen Bahn eines jeden Planeten keinen Punkt geben, worin die Geschwindigkeit der in der Parabel gleich käme, weil sonst von diesem Punkte aus ein jeder Planet nicht mehr eine Ellipse, sondern eine Parabel beschreiben, also auch nicht wieder zur Sonne zurückkehren würde. Unter der obigen Voraussetzung kann nur eine einzige bestimmte Anfangsgeschwindigkeit zu einem Kreise oder einer Parabel führen, während es unendlich viele Geschwindigkeiten gibt, welche Ellipsen oder Hyperbeln hervorbringen können, wonach allerdings die letzteren beiden Kegelschnitte weit wahrscheinlicher als die beiden ersteren sind. Die elliptischen Bahnen erfordern im Vergleich zu den hyperbolischen eine verhältnissmässig geringe Stärke des ersten Stosses oder der anfänglichen Geschwindigkeit. Ueber eine gewisse Grenze hinaus würden alle denkbaren Geschwindigkeiten hyperbolische Bahnen bedingen. Bedeutsam ist auch, dass die mittleren elliptischen Bahnen der meisten Planeten nicht eben beträchtlich von der Kreisform abweichen. Für die Existenz der elliptischen Bahnen hat man nun gemeint, folge eine ohne Vergleich bedeutend grössere Wahrscheinlichkeit als für die Existenz der hyperbolischen Bahnen, da die Entstehung der ersteren eine nur geringe Kraft voraussetze, und die Natur, soweit man sie kenne, stets vorzugsweise die kleinsten Mittel zur Erreichung ihrer grossen Zwecke wähle. Hier hat man ein teleologisches Princip eingemischt, von dem natürlich abzusehen wäre, wenn man den Versuch machen

wollte, aus der Wechselwirkung sehr vieler voneinander unabhängiger Körper, die nach mannigfaltigen Richtuugen in ursprünglicher Bewegung begriffen sind, die Harmonie der Planetenbewegung abzuleiten.

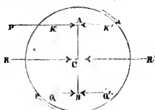
Man wird nun leicht ermessen, welch' ein seltsames Zusammentreffen ganz eigenthümlicher Umstände statthaben musste, wenn die sämmtlichen zu unserem Sonnensystem gehörigen Planeten, als ursprüngliche voneinander unabhängige Körper vorausgesetzt, eine Bewegung um die Sonne gerade in solchen elliptischen Bahnen gewinnen sollten, welche sie wirklich beschreiben. Dabei ist noch abgesehen von der eigenthümlichen Vertheilung der Planetenmassen, welche die Stabilität des Sonnensystems bedingt. Gesetzt auch, diese Stabilität dürfte nicht als eine ewige im strengen Sinne gelasst werden, so ist dieselbe doch mindestens für eine unermessliche Dauer gesichert. Der Astronom Schubert *) in Petersburg weist auf Rechnungen hin, aus denen aufs deutlichste hervorgehe, dass bei einer anderen Vertheilung der Planetenmassen eine gänzliche Umwandlung, bei einem andern Verhältnisse der Bahnen vielleicht eine endliche Zerstörung des Sonnensystems erfolgen würde, dass aber durch die wirkliche Vertheilung für ewige Dauer desselben gesorgt sei.

Wir haben erkannt, dass die geradlinige gleichförmige Bewegung mit sich stets gleichbleibender Geschwindigkeit nicht nothwendig einer Ursache bedarf, und daher auch nicht die zur Centralbewegung erforderliche Tangentialbegung der Planeten. Nun eignet aber allen diesen Körpern ausser ihrer Bewegung um die Sonne noch eine übereinstimmende Axendrehung in der Richtung von West nach Ost. Diese Axendrehung ist keine schlechthin einfache, sondern eine zusammengesetzte — in gewisse Elemente zerlegbare — Bewegung. Im Begriffe der Drehung liegt das Merkmal einer stetigen Veränderung der Richtung. Eine solche Bewegung erfordert nothwendig eine Ursache, und zwar eine äussere Ursache, mag man sich dieselbe nun als eine momentan wirkende Kraft, etwa in der Form eines excentrischen Stosses, oder als irgend eine andere (resp. als eine Mehrheit gewisser Kräfte) vorstellen.

Um an die Bedingung einer Axendrehung zu erinnern, wol-

*) Theoretische Astronomie. Bd. III. S. 336.

len wir uns mehrere momentane Stoss - oder Ziehkräfte von verschiedener Grösse und Richtung denken, welche gleichzeitig auf einen Körper wirken mögen. Wenn nun diese Kräfte sich zu einer einzigen durch den Schwerpunkt der Masse gehenden Mittelkraft zusammensetzen, so resultirt daraus nur eine progressive Bewegung des Körpers in der Art, dass alle seine Punkte gerade, zueinander parallele Linien beschreiben. Dagegen wird der Körper, falls er hinreichend frei ist, ausser dieser progressiven zugleich eine rotirende Bewegung um eine Axe annehmen, wenn die aus den gegebenen Kräften resultirende Mittelkraft *P* nicht durch seinen Schwerpunkt *C* geht. Man kann die Rotation auf die Wirkung eines Kräftepaares zurückführen, wie leicht erhellet, wenn man sich im Punkte *C* zwei an Grösse gleiche, aber der Richtung nach entgegengesetzte Kräfte *R*, *R'* angebracht denkt, deren jede der in *A* wirksamen Kraft *P* gleich und parallel ist. Nun bewirkt die Kraft *R* für sich allein eine progressive Bewegung des ganzen Körpers, während die Kräfte *P* und *R'* ein die Rotation bedingendes Paar bilden. Die Kraft *R* lässt sich in zwei gleiche, zueinander parallele Kräfte zerlegen, deren jede halb so gross als jene Kraft ist. Wirkt von diesen beiden Kräften die eine *K* nach der Richtung der Kraft *P* in *A*, so hat die andere *Q* ihren Angriffspunkt in *B*, vorausgesetzt, dass $BC = AC$ ist und die Verbindungslinie *AB* senkrecht auf den Richtungen der Kräfte steht. Ebenso wie *R* zerlegt sich die Kraft *R'* in zwei gleiche, zueinander parallele Kräfte *K'* und *Q'*. Demnach sind die Kräfte *R* und *R'* durch vier andere ersetzt, die unter sich von gleicher Grösse sind. Je zwei dieser Kräfte halten sich an den Punkten *A* und *B* das Gleichgewicht. So wird die Kraft *K* durch die ihr gleiche Gegenkraft *K'* in *A* aufgehoben. Reflectirt man aber auf die gegebene Kraft *P* und auf die beiden in *B* wirksamen Kräfte *Q* und *Q'*: so findet sich leicht, dass aus der Kraft *Q* und der einen Hälfte der Kraft *P* die Mittelkraft $R = P$ resultirt, die durch den Schwerpunkt *C* des Körpers geht und diesem eine progressive Bewegung ertheilt, während die andere Hälfte der Kraft *P* mit der Kraft *Q'* ein Kräftepaar bildet, welches den Körper zur Drehung um seinen Schwerpunkt nöthigt. Die Drehung



erfolgt um eine durch den Schwerpunkt gehende Axe, die auf der Ebene des bezeichneten Kräftepaares senkrecht steht. Beide Bewegungen, die progressive und rotirende, geschehen unabhängig von einander und dauern, wofern nicht neue Kräfte eine Abänderung herbeiführen, mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort.

Hiermit sind wir nun in Hinsicht auf die Tangentialbewegung der Planeten, indem wir noch deren Axendrehung in Betracht zogen, auf jenen ersten Anstoss oder etwas demselben Entsprechendes zurückgekommen, daher wir denn auch nunmehr einen zeitlichen Anfang des Sonnensystems behaupten müssen. Die betreffende Kraft muss als eine äussere Bewegungsursache irgend einmal gewirkt haben. Man kann ihre Wirkung nicht ins Unendliche rückwärts verlegen, was gleichbedeutend mit der Behauptung sein würde, dass sie niemals stattgefunden habe.

An dieser Stelle dürfte vielleicht mancher Leser des Aristoteles gedenken, der bekanntlich die Behauptung aufstellte, die geschlossene Kreisbewegung, insbesondere der Umschwung des Himmels, sei eine von Ewigkeit her bestehende Bewegung, die ihren Grund in sich selber, also keine Ursache ausser sich habe, indem dabei Bewegtes und Bewegendes, welches letztere an sich ruhend sein soll, zusammenfalle. Auf diese Meinung hier näher einzugehen scheint uns nicht geboten, da des Aristoteles philosophische Ansichten von der Bewegung den Grundgesetzen unserer exacten Mechanik allzusehr widerstreiten. Man weiss, dass diese Ansichten zu den schwächsten Partien der Aristotelischen Physik gehören und während des scholastischen Zeitalters einer weiteren wissenschaftlichen Ausbildung der Mechanik im Wege standen. Die richtigen Anfänge, welche Archimedes, namentlich im Gebiete der Statik gegeben hatte, blieben fast ganz unbeachtet, weil sie mit den Ansichten des Aristoteles nicht in Einklang zu bringen waren *).

---

*) Es ist ein Grundsatz der heutigen wissenschaftlichen Mechanik, dass jede Bewegungsursache ausserhalb des Bewegten liegt. Mit diesem Grundsatze steht die Aristotelische Mechanik im Widerspruche (s. Wundt, die physikalischen Axiome etc. 1866. S 21 ff.). Sonst finden sich bei Aristoteles in Betreff der mechanischen Probleme mancherlei Darstellungen, die in wesentlichen Punkten mit unserer heutigen Mechanik harmoniren. So erkannte Aristoteles sehr wohl den Satz vom Parallelogramm der Bewegungen, wie er sich denn auch demgemäss die Bewegung eines Punktes im Kreise als zusammengesetzt aus zwei Bewegungen vorstellte, derer eine nach einer Geraden, die den Kreis im bewegten Punkte berührt, gerichtet

In neuerer Zeit wurde die Anfangslosigkeit oder ewige Existenz der zweckmässigen Weltordnung bekanntlich von H. Czolbe vertheidigt. Die elliptische Bewegung der Planeten um die Sonne, sagt derselbe *), ist zusammengesetzt aus der in ihrer Materie liegenden gegenseitigen Anziehung: der Centripetalbewegung und der jedem einzelnen Planeten ursprünglich mitgetheilten, zur Hervorbringung seiner besonderen Bahn in Bezug auf Geschwindigkeit und Richtung scharf bestimmten Tangentialbewegung. Letztere liegt keineswegs in der Materie, sondern in einem gewissen Sinne eine Kraft ohne Stoff, unabhängig von demselben und einem bestimmten Zwecke (d. h. der Hervorbringung einer besondern Bahn) entsprechend, wie die organische Form, widerlegt sie auf's schlagendste die Meinung des Materialismus, die Welt sei nur durch in der Materie liegende Kräfte entstanden und bestehe dadurch.

Indessen kann die Tangentialbewegung unter Voraussetzung einer ewigen Existenz des Sonnensystems den einzelnen Planeten doch nicht mitgetheilt sein, da eine solche Mittheilung eben eine äussere Ursache erfordert, deren Wirkung zeitlich begonnen haben muss. Freilich spricht Czolbe von einer ursprünglich mitgetheilten Tangentialbewegung, was wohl besagen soll, dass diese Bewegung von Ewigkeit her existire. Nicht wohl ersichtlich ist aber, in welchem Sinne Czolbe die genannte Bewegung als eine

---

sei, die andere dagegen nach dem Mittelpunkte durch den Halbmesser, der den bewegten Punkt mit dem Mittelpunkte des Kreises verbindet (s. Poselger über Aristoteles mechanische Probleme: Abhandlungen der mathematischen Klasse der Berliner Akademie der Wissenschaften 1829 S. 57 ff.).

Vielleicht könnte man nun dennoch meinen, dass eine ursprüngliche — nicht durch eine äussere Ursache bewirkte — Axendrehung eines Körpers denkbar sei, wenn man nämlich (freilich ganz willkürlich) voraussetzen wollte: die Theilchen der einen Hälfte des Körpers seien nach einer bestimmten — geraden — Richtung, die Theilchen der andern Hälfte aber nach der gerade entgegengesetzten Richtung in ursprünglicher Bewegung begriffen. Natürlich müsste dieses Verhältniss für alle Planeten in gleichem Sinne Geltung haben. Die hohe Unwahrscheinlichkeit des einen wie andern ist leicht zu ersehen. Entstehen konnte wohl eine rotatorische Bewegung eines Körpers aus dem excentrischen Zusammenstosse zweier in ursprünglicher Bewegung begriffener Massen, indem diese sich zu dem betreffenden Körper vereinigten.

*) S. Die Grenzen und der Ursprung der menschlichen Erkenntniss im Gegensatze zu Kant und Hegel. Naturalistisch-teleologische Durchführung des mechanischen Princips. Jena u. Leipzig 1865. S. 130.

Kraft ohne Stoff betrachtet. Jedenfalls haben wir es hier mit Massen zu thun, die sich bewegen. In Frage kann nur noch kommen, ob diese Bewegung eine ursprüngliche in der hervorgehobenen Bedeutung ist, oder eine durch ein Causalverhältniss bedingte Bewegung. Wenn nun Czolbe die Tangentialbewegung im letztern Sinne lasst und sie gewissermassen als eine Kraft ohne Stoff ansieht, so denkt er dabei vielleicht an ein bewegendes Princip, das unabhängig von dem Stoffe besteht, aber von Ewigkeit her mit demselben verbunden ist. Mancher dürfte dieses Princip auf eine göttliche Intelligenz beziehen, die von Ewigkeit her die Harmonie der Planetenbewegungen bedinge. Eine derartige Beziehung liegt jedoch nicht in Czolbe's Gedankenzuge. Allerdings kann auch nach ihm die Entstehung der zweckmässig geordneten Welt nicht als Werk des blinden Zufalles gedacht werden. „Da jedoch ein Gott nicht annehmbar ist, so bleibt nur die Anfangslosigkeit oder Ewigkeit der Weltordnung." Freilich hat es Czolbe nicht versucht, die Unzulässigkeit der Annahme eines Gottes näher zu begründen; er schliesst vielmehr umgekehrt von der Ewigkeit der Weltordnung auf die Nichtexistenz Gottes, indem er die Versuche, welche man gemacht hat, um die Entstehung des Sonnensystems als eine physikalische Nothwendigkeit zu erklären, als höchst illusorisch bezeichnet. In Ansehung dieses letzteren Punktes müssen wir ihm beistimmen, in so weit es sich dabei um den eigentlichen Anfang des zweckmässigen Naturlaufes handelt. Auch wird ganz richtig bemerkt, dass Newton selbst die von ihm entdeckte Gravitation zum Behufe jener Deduction für durchaus unzureichend hielt. Doch ist mit dem allem nichts gegen eine zeitliche Entstehung des Sonnensystems bewiesen.

Die mit der Tangentialbewegung verknüpfte Axendrehung der Planeten erfordert eine äussere Ursache, die irgend einmal gewirkt haben muss. In einer ursprünglichen (ursachlosen) Axendrehung können die Planeten nicht begriffen sein. Eben so wenig darf hier an eine ursprüngliche causa immanens gedacht werden *), d. h. es würde zu einem ungereimten, weil in sich widersprechenden Begriffe führen, wenn man annehmen wollte, die Planeten hätten sich selbst von Ewigkeit her zur Axendrehung bestimmt, wie denn

*) Cornelius, über die Bedeutung des Causalprincips in der Naturwissenschaft. Halle 1867. S. 20 f., S. 41.

auch der Gedanke, dass die Planeten den Grund ihrer Bewegung in sich selbst haben, dem Gesetze der Beharrung geradezu widerspricht. Indessen würde auch eine äussere Bewegungsursache, wenn dieselbe etwa als selbstständiges Princip die Axendrehung und Tangentialbewegung der Planeten von Ewigkeit her bewirkt haben soll, nicht annehmbar sein. Unausgesetzt durfte eine solche Ursache doch nicht wirken, weil sonst eine fortwährende, mit dem Thatbestande nicht harmonirende Beschleunigung der Bewegung stattfinden musste. Das in Rede stehende Princip hätte also in einem gewissen Zeitmoment entweder freiwillig oder nothgedrungen seine Thätigkeit einstellen müssen, wenn nicht durch dasselbe die Entstehung und der Bestand des Sonnensystems schlechthin unmöglich werden sollte. Man wird erkennen, dass der Gedanke eines besonderen, von Ewigkeit her wirksamen Bewegungsprincips hier durchaus unerträglich ist. Sonach konnte die Axendrehung und Tangentialbewegung der Planeten nur von einer äusseren Ursache herrühren, welche nicht von Ewigkeit zu Ewigkeit, sondern irgend einmal wirkte, indem sie den betreffenden Massen entweder momentan, d. h. in unmessbar kurzer Zeit, oder während einer endlichen Zeit bestimmte Geschwindigkeiten ertheilte, mit welchen dieselben denn nach dem Gesetze der Beharrung gleichförmig weiterstrebten.

Da nun auch die Axendrehung aller Planeten in übereinstimmender Richtung geschieht, so ist ersichtlich, dass jene äussere Ursache, welche diese Drehbewegung herbeiführte, in einer bestimmten gleichsinnigen Weise gewirkt haben muss; daher denn die Hypothese einer zufälligen Entstehung des Sonnensystems aus bereits fertigen, nach mannichfaltigen Richtungen in ursprünglicher Bewegung begriffenen Körpern sich abermals als höchst unwahrscheinlich ergiebt.

Die merkwürdige Uebereinstimmung in der Bewegungsrichtung aller Planeten und der ihnen zugehörigen Satelliten, so wie der Umstand, dass der Rotationsaequator der Sonne nahezu in die Zone fällt, welche die Bahnen der Planeten in sich fasst, führte den Astronomen Laplace zu der Vermuthung eines gemeinsamen Ursprunges aller dieser Weltkörper. Jene Uebereinstimmung könne unmöglich ein Werk des Zufalls sein, sondern müsse als die gleichartige Wirkung einer und derselben Grundursache angesehen werden.

Nach der Ansicht von Laplace waren nun die sämmtlichen Grundstoffe unseres Sonnensystems einst zu einer grossen Dunst-

oder Gaskugel vereinigt, deren Dimensionen über die Grenzen des jetzigen Planetensystems hinaus reichten. Die Gravitation bewirkte eine Contraction jener Stoffe, so dass eine dichtere Centralmasse oder ein Kern entstand, der sich zu unserer heutigen Sonne gestaltete. Dieser Kern und mit ihr die umgebende Nebelsphäre erhielt durch irgend eine äussere Ursache eine progressive Bewegung und zugleich eine rotirende in der Richtung von West nach Ost um eine Axe, die auf der mittleren Ebene der Planetenbahnen senkrecht steht. Die Rotation ertheilte der Dunstkugel die Gestalt eines elliptischen Sphäroids. Indem nun die Masse sich fortschreitend verdichtete und damit eine Verkleinerung des Volumens verbunden war, nahm die Rotationsgeschwindigkeit und mit ihr die Centrifugal- oder Fliehkraft zu. Die gesteigerte Fliehkraft hatte aber am äusseren Umfange des Rotationsäquators da, wo sie der Gravitation das Gleichgewicht hielt und die Wirkung derselben aufhob, ein Losreissen der äusseren peripherischen Theile von der übrigen Dunstmasse zur Folge. Es entstand ein Nebelring, der seine Rotation um die Centralmasse für sich fortsetzte, während die übrige Dunstmasse, deren Rotationsgeschwindigkeit geringer war, sich ferner zusammenzog. Derartiges konnte sich öfter wiederholen, also die Bildung neuer Nebelringe stattfinden, so oft nämlich als am Rotationsäquator sich ein Gleichgewicht zwischen Gravitation und Fliehkraft herausstellte und die letztere das Uebergewicht bekam. Vereinigte nun der sich ablösende Ring durch Anziehung die zunächst angrenzenden Theile der Dunstkugel mit seiner Masse, so musste derselbe vermöge der abweichenden Rotationsgeschwindigkeit und Schwungkraft der angezogenen Theile, so wie auch in Folge von Molecularkräften seinen Zusammenhang verlieren und in mehrere Stücke zerfallen, von denen jedes seine bisherige Bewegung um die Centralmasse fortsetzte, aber auch sofort, weil die äusseren Theile des Ringes eine grössere Geschwindigkeit als die inneren hatten, eine Axendrehung in der Richtung jener Bewegung erhielt. Das grösste Bruchstück des Ringes mochte nun insgemein die kleineren Stücke herbeiziehen und sie mit seiner Masse vereinigen. Denkbar ist aber auch, dass die einzelnen Bruchstücke ein selbstständiges Dasein behaupteten, eine Möglichkeit, die man auf die Existenz der sogenannten Planetoiden bezogen hat. Die Absonderung neuer Dunstringe fand natürlich eine Grenze von dem Moment an, wo die Fliehkraft in Folge der fortgesetzten Zu-

sammenziehung des Kerns nicht mehr im Stande war, die Wirkung der Gravitation aufzuheben. An den bereits vorhandenen planetarischen Dunstmassen konnte sich aber jener Vorgang, welcher die Entstehung von Ringen bedingte, wiederholen, falls die betreffenden Massen so gross waren, dass die Fliehkraft am Rotationsaequator ein Uebergewicht über die Gravitation erlangen musste. Die Bruchstücke der Ringe gestalteten sich auf die bezeichnete Weise zu selbstständigen sphäroidischen Massen nach Art der Trabanten oder Monde, oder die Ringe erhielten sich in einzelnen Fällen, wozu der Saturn mit seinen Ringen noch ein Beispiel darbietet. Doch ist es möglich, dass diese Ringe, einzeln genommen, nicht aus einer zusammenhängenden Masse, sondern eben aus zahllosen Bruchstücken ehemaliger vollständiger Ringe bestehen, also gewissermassen aus einer Fülle von Trabanten, deren Abstand von einander aber in Anbetracht jedes einzelnen Ringes so gering ist, dass wir denselben wegen der bedeutenden Entfernung nicht wahrnehmen können. — Dies sind die wesentlichen Punkte der von Laplace aufgestellten Hypothese über den Ursprung des Sonnensystems. Schon früher hatte man mehrfach ähnliche Ansichten in Betreff des Grundgedankens jener Hypothese geäussert, der dann von Kant *) und später namentlich von Laplace **) eine bestimmtere theoretische Fassung und schärfere Begründung erhielt. Mill ***) sieht in der Laplace'schen Darlegung mehr als eine blosse Hypothese. Dieselbe ist, wie er sagt, ein Beispiel eines begründeten Schlusses von einer gegenwärtigen Wirkung auf ihre vergangene Ursache, und zwar nach den bekannten Gesetzen dieser Ursache; sie schliesst keine weitere Voraussetzung ein, als dass wirklich existirende Gegenstände den Gesetzen gehorchen, denen wie man weiss alle irdischen Gegenstände gehorchen, die ihnen ähnlich sind.

Was nun die Ursache betrifft, welche die Axendrehung der anfänglichen Dunstkugel bewirkte, so liegt es nahe, dabei an einen excentrischen Stoss zu denken, der von Seiten einer andern gleichartigen Masse auf jene Kugel ausgeübt wurde. Man hat zwar ein-

*) Naturgeschichte und Theorie des Himmels. 1755. — W. Herschel, on the construction of the heavens. 1785.

**) Exposition du système du monde. 1795.

***) Inductive Logik, deutsch von Schiel. S. 250.

gewendet *), ein solcher Stoss würde die lockere zerstreute Masse nur an der getroffenen Stelle und deren Umgebung in eine unordentliche Bewegung, nicht aber die ganze Dunstmasse in eine Drehung versetzt haben. Allein dieser Einwand erscheint uns keineswegs als triftig in Anbetracht einer Dunstkugel, deren Theilchen in Folge einer beträchtlichen Gravitation ein zusammenhängendes, wenn auch lockeres Ganze bildeten. Hier konnte ein excentrischer Stoss, der einen grösseren Theil der ganzen Masse in Bewegung setzte, auch für das Ganze nicht ohne Erfolg bleiben. Denkbar ist es freilich, dass die in Rede stehende Axendrehung unter gewissen Umständen auch durch die Massenanziehung oder Gravitation einer andern ausserhalb jener Kugel gelegenen Masse herbeigeführt wurde. Mag man sich nun den Ursprung der Axendrehung so oder anders denken: die Kant-Laplace'sche Theorie wird dadurch nicht alterirt. Gegen die Erklärung, welche diese Theorie von dem Entstehen einzelner kugelförmiger Planeten aus Nebelringen gibt, die sich am Rotationsaequator der Dunstkugel bildeten, hat Spiller **) ein Bedenken erhoben, das bei genauerer Erwägung der genannten Theorie wohl ebenfalls nicht als durchschlagend erscheinen wird, obschon dabei nicht zu übersehen ist, dass die vom Centralkörper bereits abgesonderten Massen auf die weiteren Vorgänge an demselben einen gewissen Einfluss ausüben mussten. Spiller denkt sich die Planeten aus Massen entstanden, welche von dem Centralkörper, nachdem er in den feurig flüssigen Zustand übergegangen war, aus der Gegend seines Aequators, wo die Fliehkraft am grössten war, einfach abgeschleudert wurden, und sich dann in Folge der Gravitation ihrer eigenen Massentheilchen sofort kugelförmig gestalteten. Die abgeschleuderten Massen mussten so weit im Weltraume fortfliegen, bis ihre Fliehkraft durch die Gravitation zum Centralkörper im Gleichgewichte gehalten wurde. Solche Abschleuderungen mussten sich von Zeit zu Zeit wiederholen, indem vermöge fortschreitender Verdichtung die Drehungsgeschwindigkeit und Abplattung allmählig wieder zunahm, und namentlich dann sich wiederholen, wenn an dem Centralkörper durch die Nähe eines schon vorhandenen Körpers Fluthwellen gebildet wurden. Die Abschleuderung eines jeden Planeten von dem Cen-

*) Die Weltschöpfung vom Standpunkte der heutigen Wissenschaft. Mit neuen Untersuchungen von Ph. Spiller. 1868. S. 18.

**) A. a. O. S. 18 f.

ralkörper geschah nur einseitig aus einer Fluthwelle desselben und zwar zu der Zeit, in welcher der vorher entstandene Planet auf seiner elliptischen Bahn sich am meisten ihm genähert hatte. Es trennte sich nicht die von dem Planeten abgewendete Welle, sondern blos die ihm zugewendete und von ihm stärker angezogene, wenn die Fliehkraft derselben eine gewisse Grösse erlangt hatte. Die abgewendete Welle fiel in den Centralkörper zurück, um das für einen Augenblick gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. So erzeugte der äusserste Planet Neptun den Uranus, dieser den Saturn u. s. f. Der Neptun selbst kann entweder durch blosse Ablösung vom Centralkörper entstanden sein, als dieser die hinreichende Drehungsgeschwindigkeit erlangt hatte, oder auch durch die Mitwirkung eines anderen in der Nähe des noch ungemein weit ausgedehnten Centralkörpers befindlich gewesenen Himmelskörpers. Diese Meinung können wir gewissermaassen als eine Modification der Kant-Laplace'schen Theorie ansehen.

Man wird bemerkt haben, dass die Laplace'sche Theorie die Uebereinstimmung in der Bewegungsrichtung aller zu unserem Sonnensysteme gehörigen Weltkörper auf eine sehr einfache Weise erklärt. Auch von den Dichtigkeitsverhältnissen der Planeten gibt sie im Allgemeinen Rechenschaft. Die unteren Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars) sind erheblich dichter als die oberen Planeten, was sich grossentheils auf den Umstand zurückführen lässt, dass in Folge fortschreitender Contraction der Dunstkugel ihre innern Schichten im Vergleich zu den äusseren stets dichter wurden. Die unteren Planeten mussten also, weil sie aus Ringen von dichterer Materie hervorgingen, eine grössere Dichtigkeit erlangen, als die oberen Planeten, welche aus den zuerst abgelösten, minder dichten Ringen entstanden. Dagegen musste das Volumen dieser Planeten grösser als das der unteren ausfallen, da sich anfänglich wohl ohne Zweifel grössere Massen von der rotirenden Dunstkugel ablösten als später, wo dieselbe vermöge fortschreitender Contraction bereits eine grössere Dichtigkeit erlangt hatte und ihre Massentheilchen kräftiger zusammenhielten.

In Hinsicht auf die stoffliche Beschaffenheit der verschiedenen Planeten darf man nach der dargelegten Theorie erwarten, dass sie aus denselben Grundstoffen, wenn auch in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt sind. Die vier unteren Planeten, deren Dichtigkeiten nicht sehr beträchtlich von einander differiren, mögen

in nahezu gleichem Verhältniss aus denselben Grundstoffen zusammengefügt sein. Dagegen legt die verhältnissmässig so geringe Dichtigkeit der oberen Planeten die Vermuthung nahe, dass sie zum Theil aus andern, mindestens viel dünneren Stoffen bestehen. Indessen hat man in Ansehung der Dichtigkeitsunterschiede der Planeten noch einen andern Umstand in Betracht gezogen. Es könnte nämlich den oberen Planeten, im Vergleich zu den unteren, wegen ihres viel grösseren Volumens und der dadurch bedingten viel langsameren Wärmeausstrahlung noch eine beträchtlich höhere Temperatur und demgemäss eine geringere Dichte eignen. Dasselbe würde vornehmlich auch für die Sonne gelten, deren Dichte bekanntlich viel geringer als die der unteren Planeten ist, während sie an Volumen und Masse alle Planeten zusammen genommen weit überbietet.

Waren nun die unser Sonnensystem constituirenden Grundstoffe anfänglich gasförmig zu jener Dunstkugel vereinigt, so lässt sich daraus für die abgesonderten planetarischen Dunstmassen deren Uebergang in den schmelzflüssigen und dann, vermöge der Abkühlung durch fortgesetzte Wärmeausstrahlung, in den starren Aggregatzustand folgern. Diess stimmt zu der sogenannten plutonistischen Ansicht von der Entstehung und Ausbildung unseres Erdkörpers, wonach dieser sich einstmals in einem feurig-flüssigen Zustande befand. Doch ist diese Ansicht nicht unmittelbar aus der Laplace'schen Theorie über den Ursprung des Sonensystems hervorgegangen. Vielmehr waren es zunächst wohl die vulkanischen Erscheinungen der Erde, welche zu der plutonistischen Hypothese Anlass gaben. Weiterhin sah man eine Bestätigung derselben in der mit der Tiefe zunehmenden Temperatur des Erdkörpers und in dem Gegensatze der geschichteten und krystallinisch-massigen Felsarten. Nebenbei erkannte man denn auch eine Uebereinstimmung dieser Hypothese mit der Laplace'schen Theorie. Nach der letzteren kann sich nun die Sonne, als der Kern jenes ungeheuren Dunstballes, aus dessen Hülle die einzelnen Planeten entstanden, noch im Zustande höchster Glühhitze befinden, wogegen die eben bezeichneten Körper mehr oder minder vollständig erstarrt sind, so dass unsere Erde z. B. nur noch in ihrem Innern, jedoch in einer nicht unbeträchtlichen Ausdehnung schmelzflüssig ist.

Nach der Ansicht des Astronomen Faye *) soll der dermalige

*) Comptes rendus etc. 1865. Nr. 3 u. 4.

Zustand der Sonne wirklich ein gasförmiger sein. In diesem Zustande strahlt die Sonne viel Wärme und unpolarisirtes Licht aus, was eine unmessbare Zeit hindurch, die Millionen von Jahren in sich fasst, fortdauern wird, da der enorme Wärmevorrath, der in dem Sonnenkörper angehäuft ist, sich durch Ausstrahlung zwar vermindert, aber der Wärmeverlust an der Oberfläche durch auf- und abwärts gerichtete Strömungen, aus denen die Sonnenflecken und Sonnenfackeln hervorgehen, beständig wieder ersetzt wird. Allmälig muss jedoch der gasförmige Zustand in den schmelzflüssigen und dieser in den starren übergehen. Dabei dauert die Licht- und Wärmeausstrahlung in abnehmendem Maasse fort, bis die Sonne schliesslich zu einem dunklen Weltkörper mit erstarrter Oberfläche wird. Uebrigens lässt Faye dem gasförmigen Zustande der Sonne noch einen andern vorausgehen, worin sie weder intensives Licht noch intensive Wärme ausstrahlen konnte. Die zuvor im Raume zerstreuten Stoffe vereinigten sich nämlich zunächst um ein Centrum, wobei ihre Bewegung in Wärme umgesetzt wurde, die so bedeutend war, dass sie eine Verbindung der Atome zu Moleculen nicht gestattete. Erst weiterhin resultirten in Folge von Wärmeausstrahlung molecnlare Verbindungen der Atome in gasförmigem Zustande.

Diese Ansicht harmonirt mit der Kant-Laplace'schen Theorie, die auch eine Stütze in den Schlüssen findet, zu welchen die von Bunsen und Kirchhoff begründete Spectralanalyse führte. Demzufolge ist die Sonne von einer glühend heissen Atmosphäre umgeben, welche verschiedene Stoffe in Dampfform enthält, so namentlich Wasserstoff, Eisen, Calcium, Magnesium, Natrium, Chrom und Nickel, in geringer Menge auch Barynm, Kupfer und Zink. Schon früher hatte man der Sonne eine gasartige leuchtende Hülle zugeschrieben. Doch wurde das Vorhandensein der genannten Stoffe in dieser Hülle erst auf Grund der Spectralanalyse erschlossen, die auch zu einer Erklärung der dunklen, sogenannten Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum führte. Ein weisser Sonnenstrahl, der unter gewissen Umständen — mittelst einer Spalte — auf ein Glasprisma geleitet wird, zerfällt bekanntlich in eine Reihe farbiger Bänder, die in der Ordnung wie an einem gewöhnlichen Regenbogen aufeinander folgen und das sogenannte Sonnenspectrum bilden. Als Fraunhofer dieses Spectrum mittelst eines Fernrohres genauer untersuchte, bemerkte er in demselben eine grosse Anzahl

dunkler Streifen und Linien, welche bekunden, dass hier Strahlen von einem gewissen Grade der Brechbarkeit fehlen. Nun bietet das Spectrum einer Gasflamme, das man auf analoge Weise wie das Sonnenspectrum mittelst eines Prisma herstellt, besondere Eigenthümlichkeiten dar: je nach den Stoffen, die man in die Flamme bringt. Befindet sich beispielsweise in einer solchen Flamme Kochsalz, das eine Verbindung von Chlor mit Natrium ist, so bemerkt man in dem Spectrum der Flamme zwei feine gelbe Linien, die von der Anwesenheit des Natrium in der Flamme herrühren und der Lage nach der von Fraunhofer mit *D* bezeichneten dunklen Doppellinie im Sonnenspectrum entsprechen. An der Stelle dieser gelben Linien treten nun die beiden dunklen (*D*) auf, wenn man hinter das leuchtende Gas eine hinreichend intensive Lichtquelle bringt, in deren Spectrum jene Linien fehlen. Bei Anstellung des Versuches kann man mittelst eines Spiegels Sonnenlicht auf die Spalte leiten, durch welche das Licht der Gasflamme auf das Prisma fällt, in der Art, dass das Sonnenlicht die ganze Spalte erfüllt. Zu demselben Resultate führte das bekannte Drummond'sche Licht, welches ein weissglühender Kalkcylinder in einer Knallgasflamme ausstrahlt und für sich allein ein Spectrum gewährt, dessen Gelb von keiner schwarzen Linie unterbrochen ist. Bringt man also eine solche Lichtquelle hinter eine mit Chlornatrium versehene Weingeistflamme, die durch das Prisma ein Spectrum mit zwei hellen gelben Linien gibt, so erscheinen statt der letzteren im Gelb zwei feine dunkle Linien. Ein analoges Verhalten zeigen andere Stoffe in Bezug auf die dunklen Linien des Sonnenspectrums, indem die verschiedenen Stoffe durch besondere helle Linien in dem betreffenden Flammenspectrum characterisirt sind. So zeigt das Spectrum des Wasserstoffes im elektrischen Funken eine helle Linie, die genau mit der dunklen *C*-Linie und eine andere helle Linie, welche genau mit der *F*-Linie (Fraunhofer's) zusammenfällt. Im Allgemeinen gilt hier das Gesetz, dass Flammen, deren Spectra in Folge der Anwesenheit gewisser Stoffe helle farbige Linien zeigen, Strahlen von derselben Brechbarkeit oder Farbe, welche durch die Flammen hindurchzugehen suchen, derartig schwächen, dass an Stelle der hellen farbigen Linien schwarze auftreten, falls jene Strahlen von einer Lichtquelle ausgehen, deren Intensität bedeutend grösser als die der Flammen ist. Kürzer pflegt man dies dahin auszusprechen, dass eine Flamme Strahlen derjenigen

Farbe, welche sie selbst aussendet, nicht durch sich hindurch lässt, wenn sie dieselben von einer andern intensiven Lichtquelle, die sich hinter ihr befindet, empfängt. Die Flamme wirkt auf solche Strahlen als absorbirendes Medium; daher denn die dunklen Linien des Sonnenspectrums als Folge einer Absorption des Lichtes durch Stoffe der Sonnenatmosphäre zu betrachten sind, welche selbstleuchtend diese Linien als leuchtende im Spectrum erscheinen lassen.

Demnach kann man sich die Sonnenatmosphäre als aus einer Menge verschiedener Gase (resp. Dämpfe) bestehend denken, in deren Spectris die dunklen Fraunhofer'schen Linien ursprünglich als helle Linien vorkommen. Die Ursache, warum sie uns dunkel erscheinen, liegt in einer hinter der Sonnenatmosphäre befindlichen, sehr intensiven Lichtquelle. Es liegt nahe, als diese Lichtquelle den Sonnenkörper selbst anzusehen, wie es auch von Kirchhoff *) geschieht. Nach ihm besteht die Sonne aus einer in der höchsten Weissgluth befindlichen Masse, die von einer minder heissen, jedoch immerhin noch glühend heissen, mit Metalldämpfen versehenen Atmosphäre umgeben ist. Die dunklen Sonnenflecken werden danach als Wolkengebilde über dem glühenden Sonnenkörper angesehen, indem sich in der Atmosphäre vermöge localer Temperaturerniedrigungen zwei Wolkenschichten von ungleicher Dichte übereinander bilden. Sonst betrachtete man den Sonnenkörper als eine an sich dunkle Kugel, die aber in einer gewissen Entfernung von einer eigenthümlichen Lichthülle (Photosphäre) umgeben sei, unterhalb deren sich wahrscheinlich noch eine Dunst- oder Wolkenhülle befinde. Man stützte sich dabei u. a. vornehmlich auf den Umstand, dass das Licht, welches von der Oberfläche eines im glühenden Zustande befindlichen festen oder tropfbarflüssigen Körpers unter einem hinreichend kleinen Winkel ausgestrahlt wird, sich mittelst eines Polariskopes entschieden als polarisirtes kund gibt, nicht aber Licht, welches eine leuchtende Materie von gasförmiger Beschaffenheit verbreitet. Da man nun die Strahlen, welche von dem Rande der Sonnenscheibe zu uns gelangen, niemals polarisirt fand, so schloss man daraus, dass die leuchtende Materie, von welcher die Sonnenstrahlen ausgehen, im Wesentlichen gasförmig sein müsse. Sonach wäre die leuchtende Hülle oder Photosphäre ein leicht verschiebbarer Körper. Wenn daher diese Hülle durch irgend

*) Untersuchungen über das Sonnenspectrum etc. 1862.

einen Process an irgend einer Stelle getrennt wird, so muss durch die entstandene Lücke ein Theil der verhältnissmässig dunklen Sonnenkugel blosgelegt werden, der sich denn unserer Wahrnehmung als ein Sonnenflecken darbietet. Auch Secchi hält, in Uebereinstimmung mit den beiden Herschel, die Sonnenflecken für trichterförmige Löcher in der Sonnenatmosphäre. Ihre Ursache liegt aber nach ihm in heissen, vom Sonnenkörper aufsteigenden Gasströmen, die unmittelbar am Rande der Löcher die Photosphäre zu wallartigen, besonders stark leuchtenden Erhöhungen, den sogenannten Sonnenfackeln erheben. — Bei Annahme eines an sich dunklen Sonnenkörpers müsste man im Hinblick auf das von Kirchhoff zur Erklärung der Fraunhofer'schen Linien hervorgehobene Princip natürlich die Photosphäre selbst als die intensivere Lichtquelle ansehen, deren Strahlen eine die betreffenden Stoffe in Dampfform enthaltende Atmosphäre zu durchdringen haben. Inzwischen wurde von Kirchhoff gegen jene Annahme das Bedenken geäussert, dass die Sonne, falls sie in einer gewissen Entfernung von einer Photosphäre umhüllt wäre, sich doch im Zustande höchster Glühhitze befinden müsse, da ja eine solche Lichthülle, wenn sie in einer Entfernung von 20 Millionen Meilen die Erde so beträchtlich zu erwärmen vermöge, um so mehr den viel näheren Sonnenkörper, der gewissermaassen in ihrem Focus liege, erhitzen werde. Dermalen hält man wohl ziemlich allgemein auch den Sonnenkern für eine intensiv glühende Masse. In Betreff seiner Aggregatform begegnet man jedoch verschiedenen Meinungen. Manche nehmen ihn als schmelzflüssig mit zum Theil erstarrter Oberfläche, andere hingegegen als gasförmig an.

Die bezüglich der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 angestellten Beobachtungen gestatten mindestens, die Sonne als eine feurige Kugel anzusehen, welche rings von einer rothglühenden Gasschicht umgeben ist. Die meist in rother Farbe erscheinenden Protuberanzen oder Hervorragungen hat man sicher als Anhäufungen von glühenden Gasmassen in der Sonnenatmosphäre erkannt, da dieselben ein aus einzelnen hellen Linien gebildetes Spectrum liefern, wie man es sonst nur bei glühenden Gasen findet. Das von den Protuberanzen ausgehende Licht ist unpolarisirt, daher sie wohl ohne Zweifel selbstleuchtende Gebilde sind. Nach Janssen bestehen die Protuberanzen, die in Hinsicht auf Gestalt und Lage eine grosse Veränderlichkeit bekunden, vor-

zugsweise aus glühendem Wasserstoffgase. Auch Lockyer erkannte auf Grund seiner spectroskopischen Untersuchungen in den Protuberanzen nur locale Anhäufungen einer glühenden, den Sonnenkörper vollständig umgebenden Gashülle. Diese Hülle tritt bei dem Anfang und dem Ende der totalen Finsterniss streckenweise als rother Saum um den Mondrand hervor. Dieselbe bedingt die Protuberanzen, indem sie durch locale Ursachen beträchtlich über das gewöhnliche Niveau gehoben wird. Zwischen ihnen und den Sonnenfackeln besteht wahrscheinlich ein gewisser Zusammenhang, da die leuchtende Hülle nach Beobachtungen von Secchi in der Nähe der Fackel- und Fleckengebiete bedeutend aufgetrieben ist *). Eine andere interessante Erscheinung, die sich während einer totalen Sonnenfinsterniss darbietet, ist die sogenannte Corona, worunter man einen leuchtenden weissen Ring versteht, welcher die dunkle Mondscheibe umgibt. Nach den Beobachtungen von J. Rziha ist das Spectrum der Corona ein sogenanntes continuirliches, indem beim Eintritt der Totalität momentan alle dunklen (Fraunhofer'schen) Linien des Sonnenspectrums verschwanden, woraus man entnommen, dass die Corona wenigstens zum Theil ein der Sonnenatmosphäre zugehöriges Gebilde sei. Jene Gasschicht wird nämlich noch von der eigentlichen, weit ausgedehnten Sonnenatmosphäre eingehüllt, welche letztere denn bei totalen Finsternissen als Corona auftreten mag **). Uebrigens ist das Spectrum

---

*) Vergl. dazu Spoerer in Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie 1869. Nr. 49.

Lockyer statuirt in naher Uebereinstimmung mit der von Warren de la Rue, Stewart und Luewy aufgestellten Ansicht, dass in der die Sonnenkugel umgebenden Atmosphäre die schweren Gase unten, die leichten oben liegen. Indem an der Oberfläche Abkühlung erfolgt, sinken die kälteren Massen nach unten und erzeugen so die Sonnenflecke, die auf der Sonnenscheibe gesehen werden. Gleichzeitig erfolgen aber Strömungen heisser Massen nach oben, die entweder nur in die äussere Hülle hineinragen oder diese durchbrechen und Protuberanzen erzeugen (a. a. O. Nr. 52. S 415 f.).

**) Nach der Kirchhoff'schen Theorie muss die Dampfatmosphäre, wenn sie in ihrem eigenen Lichte leuchtet, das Sonnenspectrum umgekehrt zeigen, d. h. nur aus glanzenden Linien bestehen. Indessen fand Janssen, dass nur die Protuberanzen positive Spectren mit glanzenden Linien gaben, während die Stelle der eigentlichen Sonnenatmosphare dunkel blieb. Janssen bezweifelt die Existenz einer bedeutenden Atmosphäre um die Sonne und glaubt annehmen zu müssen, dass die besonderen Absorptionserscheinungen, welche Kirchhoff in eine ausserhalb der

der Corona kein einfaches, sondern aus der Uebereinanderlagerung mehrerer Spectra entstanden. Ihr Licht ist polarisirt, was man bereits früher (in den Jahren 1851 und 1860) erkannt hatte und neuerdings durch englische Beobachter bestätigt wurde; daher ihre Entstehung auch durch Reflexions- und Beugungsphänomene bedingt sein wird *). — Uebrigens erkennt man leicht, dass die physische Constitution der Sonne noch mancherlei Räthselhaftes darbietet. Jene im rosigen Lichte erscheinende Wasserstoffschicht ist nicht mit der weisses Licht aussendenden Photosphäre zu verwechseln, die wohl mit dem Sonnenkern in näherem Zusammenhange steht und von der ersteren umgeben ist. Nach den neuesten von Secchi angestellten Beobachtungen scheint in der Sonnenatmosphäre auch Wasserdampf, und zwar in der Nähe grosser Flecke vorzukommen.

In Uebereinstimmung mit der Kant-Laplace'schen Theorie sind nun ferner auch die Schlüsse, welche Zöllner **) aus photometrischen Untersuchungen über die Lichtverhältnisse der verschiedenen Himmelskörper zog. Natürlich müssen diese Verhältnisse mit der physischen Beschaffenheit der genannten Körper, mögen sie eigenes oder reflectirtes Licht aussenden, in sehr naher Beziehung stehen. Jenen Untersuchungen zufolge waren nun die Stoffe, welche die Himmelskörper zusammensetzen, ursprünglich in gasförmigem Zustande durch den Raum verbreitet, indem sie Dunst- oder Nebelmassen von einer ungemein hohen Temperatur bildeten. In Betracht der allmäligen Verdichtung und Abkühlung dieser Massen lassen sich aber für jeden Himmelskörper fünf Entwickelungsstadien unterscheiden. Das erste Stadium ist das des glühend gasförmigen Zustandes, wie es uns die Spectralanalyse noch an den planetarischen Nebeln erkennen lässt. Hierauf folgt das Stadium

---

Sonne befindliche Atmosphäre verlegt, vielmehr in der Photosphäre selbst statthaben, in den Dämpfen nämlich, in welchen die festen oder flüssigen Theilchen der Photosphäre schweben. Natürlich ist hiermit die von Kirchhoff gegebene Erklärung der Fraunhofer'schen Linien nicht widerlegt.

*) S. Edm. Weiss: Resultate der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 in Wochenschr. für Astronomie, Meteorologie und Geographie 1869. Nr. 43, 44 und 45.

**) Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. 1865. S. auch Zöllner: Poggendorff's Annal. Bd. 128. S. 46 u. 260.

des glühend flüssigen Zustandes, in welchem sich die meisten Fixsterne befinden. Das dritte Stadium ist das der Schlackenbildung, worin sich durch die weiter fortschreitende Abkühlung eine feste nicht leuchtende Oberfläche bildet. Zöllner rechnet hierher die Sonnenflecken, die er für Schlackenschollen hält, welche auf der glühend flüssigen Sonnenmasse schwimmen und sich in dieser bald wieder auflösen.

Der Uebergang vom zweiten zum dritten Stadium muss bestimmte Aenderungen in der Intensität und Farbe des ausgesendeten Lichtes im Gefolge haben. Erfahrungsmässig ist bekannt, dass alle Körper aus dem glühenden in den nicht glühenden Zustand durch das Stadium der Rothgluth übergeben und daher ausser der allmäligen Abnahme des Lichtes auch eine Farbenänderung erleiden. Hiermit ist denn auch bei der vorausgesetzten Rotation sämmtlicher Fixsterne das Phänomen periodisch veränderlicher Sterne gegeben. Es erklärt sich aus jener Ansicht die merkwürdige Thatsache, dass die überwiegende Mehrzahl aller veränderlichen Sterne die rothe Farbe zeigt. Doch ist die rothe Farbe eines Sternes nicht nothwendig als Zeichen einer mehr vorgeschrittenen Abkühlung zu betrachten. Nicht jeder roth erscheinende Stern muss also ein veränderlicher sein, da auf die Farbe, worin ein Stern uns erscheint, nicht der heissflüssige Körper allein, sondern auch, wie Zöllner hervorhebt, die Atmosphäre, welche denselben umhüllt, von Einfluss ist *).

*) Man hat die Erscheinungen der periodischen Veränderlichkeit, so wie der plötzlich eintretenden Sichtbarkeit und auffallenden Verstärkung des Glanzes gewisser Sterne auf verschiedene Weise zu erklären versucht. Sicher ist wohl die Ursache dieser Veränderungen nicht durchweg von gleicher Beschaffenheit. Möglicher Weise sind hier sogar die Erscheinungen einer und derselben Art, wie sie z. B. die periodisch veränderlichen Sterne darbieten, Wirkungen verschiedener Ursachen †).

Nach Huggins' spectralanalytischen Beobachtungen ††) beruht das Phänomen der veränderlichen und neuen Sterne auf ganz analogen Vorgangen, durch welche die Sonnenfackeln und Protuberanzen bewirkt werden. Huggins beobachtete

†) S. Physikalisches Lexicon hcg. von Marbach, fortges. von Cornelius: Art. Fixsterne Bd. III. S. 220 f. 228 f. — Vergl. auch die von Stokes zur Eröffnung der britischen Naturforscher-Versamml. in Exeter gehalt. Rede (Wochenschr. für Astronomie, Meteorologie u. Geographie 1869. Nr. 46. S. 366 f.

††) Ergebnisse der Spectral-Analyse in Anwendung auf die Himmelskörper, von William Huggins. Deutsch von W. Klinkerfues. Leipzig 1869.

Das vierte Stadium ist das der Eruptionen oder der gewaltsamen Zersprengung der bereits kalt und dunkel gewordenen

---

im Mai 1866 einen im Sternbilde der nordlichen Krone aufgeflammten Stern zweiter Grösse, als derselbe etwa bis zur dritten Grösse zurückgegangen war. Dieser Stern gewährte zwei verschiedene Spectra, eines von der gewöhnlichen Art mit dunklen Linien, ein anderes aus vier hellen Linien bestehend, von denen zwei den Linien des Wasserstoffes entsprachen. Aus dem Verlaufe der Erscheinung, wornach dieser Stern zweiter Grosse in zwölf Tagen den Glanz eines Sternes erster Grösse erreichte, lässt sich entnehmen, dass derselbe während seines Aufleuchtens von den Flammen glühenden, oder sich mit einem anderen Gase unter intensiver Lichtentwickelung verbindenden Wasserstoffes umgeben war.

Ueberhaupt führte die Untersuchung des Spectrums der Fixsterne zu dem Resultat, dass sie wie unsere Sonne aus glühend leuchtenden Massen bestehen, die von dichten, meist dieselben Bestandtheile enthaltenden Dampfatmosphären umgeben sind. Indem ihr Licht durch diese Dampfmassen hindurchgeht, entstehen ganze Gruppen dunkler Linien, welche sich in einzelnen Theilen des Spectrums anhäufen und die daselbst auftretenden Färbungen beeinträchtigen, wogegen die anderen Farben des Spectrums, in denen solche Linien weniger häufig sind, mehr hervortreten. Huggins sieht hierin die Ursache, dass uns nicht alle Sterne in weissem, sondern viele auch in blauem, grünem, rothem etc. Lichte erscheinen.

Eine besondere Ansicht über die periodisch veränderlichen Sterne findet sich in der jüngst erschienenen „Inaugural dissertation for the degree of doctor of philosophy in the university of Gottingen by Francis E. Loomis, New-Haven Connecticut U. S. A.“ dargelegt. Es wird darin der Satz aufgestellt, dass den veränderlichen Sternen, gleich unserer Sonne, dunkle Flecken eignen, deren nach gewissen Perioden grössere oder geringere Ausdehnung und Anzahl eine Zu- oder Abnahme des Lichtes bedinge. Für die Sonnenflecken hat sich in dieser Beziehung bekanntlich eine Periode von 11⅞ Jahren ergeben. Nun beschreibt Jupiter in 11⅞ Jahren einen Umlauf um die Sonne; daher es denkbar sei, dass die Lichthülle der Sonne von Seiten des Jupiter Störungen erfahre, vermöge deren die Sonnenflecken abwechselnd Minima und Maxima in Zwischenräumen zeigen, die der Dauer einer Revolution Jupiters entsprechen. Venus, Saturn und die Erde üben geringen Einfluss auf die Lichthülle der Sonne aus, wodurch kleine Schwankungen in der Curve, welche uns die Menge und Grösse der Sonnenflecken darstellt, bewirkt werden. So ist die Periode, in welcher die Sonnenflecken mehr oder minder häufig erscheinen, geringen Schwankungen unterworfen, welche nach 7½ Monaten wiederkehren. Da nun der Planet Venus gerade in demselben Zeitraume seinen Umlauf um die Sonne vollendet, so dürfte sich daraus die geringe Abweichung der Dauer der Sonnenflecken-Periode von der Dauer einer Revolution Jupiters erklären lassen. Diese Gedanken bringt der Verfasser in nähere Beziehung zu der Hypothese, wornach nicht nur die Erde, sondern jeder Planet und auch die Sonne eine magnetische Kraft und magnetische Pole besitzt, die ihre Lage von Jahr zu Jahr langsam ändern. Während seiner Bewegung stört jeder einzelne Körper den Magnetismus eines jeden andern Körpers im Sonnensystem. Die Störung des Magnetismus der Sonne gibt Veranlassung zu Bewegungen in ihrer Lichthülle, wodurch Oeffnungen von verschie-

Oberfläche durch die von der starren Decke umschlossene Gluthmasse, wobei ein neues, wenn auch vorübergehendes, je nach der Grösse der hervordringenden Gluthmasse mehr oder minder intensives Leuchten auftritt, das sich einem entfernten Beobachter als plötzliches Aufleuchten eines neuen Sternes darbietet.

Als **f ü n f t e** Periode haben wir endlich das Stadium der vollendeten Erkaltung. Hat ein Fixstern dieses Stadium erreicht, so entschwindet er unserem Auge auf immer. Dass manche Fixsterne sich um völlig dunkle Körper bewegen, hat man bekanntlich aus der Eigenbewegung derselben erschlossen *). In Betreff der zu unserem Sonnensystem gehörigen Weltkörper wird von Zöllner hervorgehoben, dass Jupiter und Saturn sich wahrscheinlich noch in einem Zustande der Erhitzung befinden, worin sie Licht und Wärme ausstrahlen, dass Neptun und Uranus hingegen, wie auch ein grosser Theil des Mars schon von Schnee und Eis eingehüllt sind. Die Venus soll noch auf analoge Weise wie unsere Erde eine Wasserbedeckung haben **). Der Sonnenkörper selbst befindet sich

---

dener Grösse entstehen. Diese Störungen geschehen in Perioden, die den Umlaufszeiten der störenden Körper entsprechen, wobei Jupiter den weitaus grössten Einfluss übt. Für die veränderlichen Sterne sollen nun analoge Verhältnisse obwalten; doch müsse man dabei in Anbetracht der grossen Schwankungen, welche sich hier nicht selten zeigen, noch voraussetzen, dass die Störungen nicht fast ausschliesslich durch **e i n e n** Körper verursacht werden, sondern durch mehrere den veränderlichen Stern umkreisende Körper, welche sämmtlich grosse Störungen bedingen. Im Hinblick auf die Kürze der Zeit, in welcher Algol eine Schwächung seines Lichtes erleidet, wird noch auf den Umstand reflectirt, dass Algol wahrscheinlich von einem dunklen Körper umkreist wird, der uns zu Zeiten einen Theil seines Lichtes entzieht (s. Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie u. Geographie 1869. Nr. 50 S. 397 f.).

*) S. Schumacher's Astronom. Nachrichten Nr. 514—516. — **M ä d l e r**, Untersuch. über die Fixsternsyst. Bd. II. S. 3 und Astronomie S. 444.

**) Die spectralanalytische Untersuchung des Saturn, Jupiter und Mars liess (nach Huggins) deutlich eine Atmosphäre dieser Himmelskörper erkennen. In der Atmosphäre des Saturn und Jupiter ist die Existenz von Wasserdampf wahrscheinlich. Indessen scheinen in der Atmosphäre des Jupiter einige der unsrigen fremde Stoffe vorzukommen. Die Atmosphäre des Mars bewirkte in dem brechbarsten Theile des Spectrums eine Anzahl dunkler Linien, welche eine besondere Lichtabsorption in derselben bekunden, womit der rothe Glanz dieses Planeten vielleicht im Zusammenhange steht. In Betreff unseres Mondes wurde durch die Spectral-Analyse bestätigt, dass demselben keine Atmosphäre eignet. Bezüglich der Venus ergab sich ein zweifelhaftes Resultat.

nach Zöllner in einem glühenden (tropfbar-) flüssigen Zustande mit beginnender Schlackenbildung, nach Faye hingegen, wie wir bereits (S. 22) erwähnten, noch in einem glühend gasförmigen Zustande, so dass nur in seinen äussersten Schichten Wolken von theils flüssiger, theils wohl auch fester Beschaffenheit existiren. Zu Gunsten dieser letzteren Ansicht hat man geltend gemacht: das geringe specifische Gewicht der Sonne, das nur das 1,44 fache des Wassers beträgt, obschon sie eine grosse Menge schwerer Metalle enthält, so wie das gänzliche Fehlen polarisirter Strahlen im Sonnenlichte, die doch sonst in jedem Lichte erkennbar sind, das von irgend welchen glühenden festen oder tropfbar-flüssigen Körpern ausgeht.

Es ist indess schon anderwärts *) hervorgehoben, dass die Laplace'sche Ansicht von der Entstehung des Sonnensystems keineswegs, wie man vielfach zu glauben scheint, mit Nothwendigkeit auf einen feuer- oder schmelzflüssigen Zustand der betreffenden Weltkörper, insbesondere unseres Erdkörpers hinführe. Man kann sich allerdings eine solche atomistische und moleculare Beschaffenheit jenes Dunstballes denken, dass dieselbe eine enorme Wärmeentwickelung und damit auch nach dem gasförmigen einen schmelzflüssigen Zustand zur Folge haben musste. Derartige Zustände hat man vorauszusetzen, wenn ursprünglich nur sehr einfache Atomgruppen existirten, aus welchen erst vermöge mannigfacher Bewegungen die zusammengesetzteren Molecüle der chemischen Grundstoffe hervorgingen. Doch konnten die letzteren auch bereits fertig gebildet vorkommen, so dass dieselben z. B. im Hinblick auf die anfängliche Dunstkugel unserer Erde theils gasförmig, theils aber auch nur im Zustande feiner Vertheilung in ihr vorhanden waren. Möglicher Weise gab es darin, mehr oder weniger fein vertheilt, auch bereits viele fertige Verbindungen verschiedener Grundstoffe. Man sieht, dass die Laplace'sche Ansicht in Betreff der Art und Weise, wie die Grundstoffe oder Elemente in jener Dunstkugel und in den von ihr abgelösten planetarischen Massen vorhanden waren, der Phantasie einen ziemlich weiten Spielraum gewährt. Dieselbe erfordert eigentlich nur eine lockere Beschaffenheit der betreffenden Massen, eine leichte Verschiebbarkeit oder Beweglichkeit ihrer Molecüle oder Molecular-Gruppen, so dass sich

*) Cornelius, Grundriss der physikalischen Geographie. 3. Aufl. 1868. S. 200.

vermöge der Centrifugalkraft auf die oben charakterisirte Weise Ringe bilden konnten, mochte nun die bezeichnete Beschaffenheit in einem durchweg gasförmigen Zustande oder vorzugsweise in einer feinen mechanischen Vertheilung der Stoffe begründet sein. Für einen ehemals schmelzflüssigen Zustand des Erdkörpers, wie der Planeten überhaupt sprechen allerdings die oben hervorgehobenen Schlüsse, die sich aus spectralanalytischen und photometrischen Untersuchungen ergeben haben. Befindet sich der Sonnenkörper, als Rest jenes Dunstballes, aus dem die Planeten entstanden, dermalen noch in einem glühenden tropfbarflüssigen oder gasförmigen Zustande, so kann es unter Bezugnahme auf die Kant-Laplace'sche Theorie kaum als zweifelhaft erscheinen, dass auch die Planeten durch einen gasförmigen Zustand hindurchgingen.

Aus einer ehemals schmelzflüssigen oder lockern Beschaffenheit der stofflichen Grundlage erklärt sich nun auch die abgeplattete sphäroidische Gestalt, die man an allen Gliedern unseres Planetensystems mehr oder minder bestimmt wahrgenommen hat. Zunächst musste jede sich selbst überlassene planetarische Masse, schon vermöge der Wechselwirkung ihrer Theilchen, bei der vorausgesetzten Beschaffenheit die Kugelgestalt annehmen. In Folge der mit der Axendrehung verknüpften Schwungkraft konnte auch die Abplattung nicht ausbleiben, die um so bedeutender ausfallen musste, je grösser die Rotationsgeschwindigkeit war, da mit dieser letzteren das Bestreben der Theilchen sich von der Rotationsaxe nach einer auf ihr senkrechten Richtung zu entfernen, zunimmt. In Uebereinstimmung damit haben denn auch die oberen Planeten, denen im Vergleich zu den unteren eine schnellere Axendrehung eignet, eine stärkere Abplattung.

Bekanntlich lässt sich die durch die Centrifugalkraft bedingte Abplattung eines rotirenden Körpers auch experimental mittelst einer einfachen Vorrichtung darthun. Wir erinnern an ein von Plateau angestelltes Experiment, das von den gewöhnlichen hierher gehörigen Versuchen einigermassen abweicht und auch eine Erscheinung darbietet, die an den Ring des Saturn erinnert. Man stellt nämlich nach Plateau ein Gemisch aus Wasser und Alkohol her, das genau gleiche Dichte mit einem gegebenen Oel, etwa mit Olivenöl hat. Bekanntlich sind die fetten Oele weniger dicht als Wasser, aber dichter als Alkohol. Bringt man nun in das Gemisch eine gewisse Menge des Oels, so wird die Wirkung der

Schwere auf das letztere aufgehoben. Die fetten Oele vermischen sich nicht mit der aus Wasser und Alkohol bestehenden Flüssigkeit; daher wird die Oelmasse in dieser Flüssigkeit schweben bleiben und die äussere Gestalt annehmen, welche die an ihr wirksamen Kräfte bedingen. Die Oelmasse gleicht einer unschweren, frei im Raume schwebenden und ihren Molecularkräften überlassenen Flüssigkeitsmasse. Dieselbe muss also eine Kugelgestalt annehmen, was durch das Experiment vollkommen bestätigt wird. Bringt man nun in eine solche Oelkugel, die sich mit der umgebenden Flüssigkeit im permanenten Gleichgewichte befindet, eine kleine winkelrecht auf einer Axe steckende Metallscheibe: so plattet sich die Kugel, wenn man die Axe in Rotation setzt, an den Polen ab, während sie an ihrem Aequator anschwillt. Steigert man aber die Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe über eine gewisse Grenze hinaus, so erreicht die flüssige Kugel rasch das Maximum ihrer Abplattung; dann wird sie rings um ihre Axe hohl, verlässt, indem sie sich immer mehr ausdehnt, endlich die Scheibe, und verwandelt sich in einen vollkommen regelmässigen Ring, der seiner Dicke nach abgerundet ist und einen Kreis zur erzeugenden Fläche zu haben scheint. Im Moment seiner Bildung vergrössert er rasch seinen Durchmesser bis zu einer gewissen Grenze. Sobald man diese erreicht hat, muss man mit dem Drehen der Scheibe einhalten. Der Ring erhält sich dann einige Secunden in demselben Zustande, kehrt hierauf, indem der Widerstand der umgebenden Flüssigkeit seine Rotationsbewegung schwächt, zu sich selbst zurück und verwandelt sich wieder in eine Kugel rings um die Scheibe und ihre Axe. — Ohne Zweifel stimmen die Verhältnisse des eben beschriebenen Versuches nur unvollkommen mit denjenigen überein, welche in Wirklichkeit bei der Bildung jener planetarischen Dunstringe statthaben mochten. In Betreff des Saturnringes wurde bereits oben (S. 19) bemerkt, dass derselbe vielleicht aus einer Schaar kleinerer Körper besteht. Nach Maupertuis soll dieser Ring, was hier beiläufig erwähnt werden mag, ursprünglich ein Komet gewesen sein.

Sonach ist unter Voraussetzung einer früheren schmelzflüssigen Beschaffenheit der planetarischen Massen die sphäroidische Gestalt dieser Weltkörper sehr wohl begreiflich. Inzwischen hat man, namentlich von Seiten der neueren neptunistischen Geologie, die einen ehemaligen schmelzflüssigen Zustand unserer Erde nicht an-

erkennt, die kugelförmige Gestalt und Abplattung des Erdkörpers noch auf andere Weise zu erklären versucht. So wird von Fr. Mohr *) vornehmlich auf den Umstand hingewiesen, dass alle aus dem Meere hervorragenden Gebirge der Verwitterung durch Wasser und Luft, besonders aber dem Abtragen durch Gletscherbildung und Senken des Gletschereises ausgesetzt sind. Diese Gletscherwirkung ist um so gewaltiger und tiefer hinabgehend, als die Gebirge den Polen näher liegen; daher die Gebirge nach den Polen zu, bei gleicher Erhebung durch die innere Thätigkeit der Erde, nicht die Höhe der Gebirge in dem wärmeren Erdgürtel erreichen. Die Meeresoberfläche ist aber die Grenze der Abnutzung, und alles, was darunter liegt, ist gegen Verwitterung und Gletscherbildung geschützt. Demnach werden die festen Gebirge im Laufe der Zeit sich der Gestalt des Meeres anpassen, und dasselbe nur um diejenige Höhe überragen, die wir als die Grenze der höchsten Gebirge kennen. Das Meer als vollkommen flüssig wird wegen der Axendrehung der Erde von selbst die Abplattung annehmen, und diess bedingt denn eben in Folge der zuvor berührten Umstände, dass sich die festen Theile der Erde der von der Meeresoberfläche angenommenen Gestalt mehr oder minder anpassen. Mohr bezweifelt sehr, ob unsere Erde ohne Gletscherbildung und Verwitterung durch Frost und ohne Meer eine so regelmässige Kugelgestalt haben würde, als sie in der Wirklichkeit zeigt. Gewiss werden die hervorgehobenen Umstände eine Nivellirung und Abrundung der festen Erdoberfläche zur Folge haben. Doch ist es uns gar nicht wahrscheinlich, dass die kugelförmige Gestalt der Erde lediglich auf solche Weise bewirkt wurde. In dem Maasse als die Kant-Laplace'sche Theorie aus verschiedenen Gründen an Wahrscheinlichkeit gewinnt, wird man es auch wahrscheinlich finden, dass die kugelförmige Gestalt der Weltkörper, also auch unserer Erde, zunächst eine Folge der lockeren oder schmelzflüssigen Beschaffenheit der betreffenden Stoffe war. Doch auch abgesehen von der eben genannten Theorie fehlt es nicht an Gründen, die entschieden für einen ehemaligen flüssigen Zustand der Erde, wie der Himmelskörper überhaupt sprechen. Unzulässig ist ohne Zweifel die Annahme, dass diese Körper ursprünglich kugelförmig gewesen, wenn man jenen Zustand ausschliesst. Man würde dann im Gegentheil, wie man

*) Geschichte der Erde etc. 1866. S. 427.

im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit bereits richtig erkannt hat*), für das Vorhandensein aller möglichen Gestalten im Universum Billionen gegen Eins setzen können. Unter Voraussetzung eines ursprünglich starren Aggregatzustandes liegt gar kein Grund vor, für alle Weltkörper, oder auch nur für die Minderzahl derselben eine anfänglich kugelförmige Gestalt anzunehmen. Bestehen diese Körper, wie unsere Erde, aus einer relativ grossen Anzahl verschiedener Stoffe, so ist eine ursprüngliche Zusammenhäufung der letzteren in kugelförmiger Gestalt auf Grund der positiven Kenntnisse, die wir von ihnen in Hinsicht auf ihren starren Aggregatzustand besitzen, kaum denkbar. Ausserdem ist hier noch ein anderer, von Klein hervorgehobener Umstand zu berücksichtigen, nämlich die Massenvertheilung im Innern des Erdkörpers, die, abgesehen von einigen Anomalien in den oberen Erdschichten, im Ganzen eine regelmässige ist, wie schon die sehr geringen, nur in den vorzüglichen Messungen der Neuzeit erkennbar gewordenen, Abweichungen der Lothlinie lehren. Wäre dem Gesetz, dass das Erdinnere aus concentrischen Schichten von nahezu gleicher, jedoch gegen den Mittelpunkt wachsender Dichte besteht, gar nicht Genüge geleistet, so würden genaue Gradmessungen, ja, wie Klein wohl etwas zu weit gehend meint, fast die ganze heutige Astronomie undenkbar sein. War hingegen die Erde anfänglich liquid, so erscheinen alle hier in Betracht kommenden Verhältnisse sehr wohl begreiflich. Es erklärt sich dann sofort nach bekannten Gesetzen die im Ganzen kugelförmige Gestalt der Erde nebst ihrer Abplattung, wie auch die Massenvertheilung im Innern des Erdkörpers, indem sich liquide Körper, nicht aber feste, je nach ihrer specifischen Schwere um einen Anziehungsmittelpunkt concentrisch ordnen können. Demzufolge vermögen wir nun einer jüngst von G. Bischof dargelegten Ansicht nicht beizustimmen, insofern nach ihr der Erdkern ursprünglich fest und kugelförmig war, und nur die Hebung und Erosion des Meeresbodens, nicht aber die Centrifugalkraft, die Gestalt dieses Kernes verändert haben. — Weiterhin werden wir im Laufe geologischer Betrachtungen noch andere Gründe für einen ehemaligen liquiden Zustand der Erde kennen lernen.

---

*) Ueber die wahrscheinlichen Werthe der Grösse und Gestalt der Erde von H. J. Klein in Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie, (Nr. 8 bis 15.) 1869.

Hier möge noch einer Meinung gedacht werden, welche neuerdings von O. Volger im Hinblick auf die Kant-Laplace'sche Theorie geäussert wurde. Nach dieser Theorie müsse nämlich, meint Volger, jeder Weltkörper eine Hohlkugel sein, was man in Betreff unserer Erde auch schon früher hin und wieder behauptet hatte. Allerdings haben die ausserhalb der Drehungsaxe gelegenen Theilchen das Bestreben, sich von dieser Axe zu entfernen. Daraus folgt aber noch keineswegs die Bildung eines Hohlraumes in dem Sinne, wie Volger es meint. Bei den planetarischen Massen wirkte der mit wachsender Entfernung von der Drehaxe sich steigernden Centrifugalkraft die Gravitation entgegen, die einen zunehmenden Massendruck nach dem Centrum hin und daher auch in dieser Richtung eine wachsende Dichte der concentrischen Schichten des betreffenden Sphäroids herbeiführen musste. Wohl könnte man hier den Gedanken hegen, dass die Materie in der Nähe der Drehungsaxe minder stark verdichtet sei, als es zufolge der Gravitation allein, also bei Abwesenheit der Centrifugalkraft, der Fall sein würde. Reflectirt man dabei noch auf die plutonistische Ansicht von der Ausbildung des Erdkörpers, so kommt ausser der Gravitation noch der Druck in Betracht, den die Erstarrungskruste vermöge ihrer Zusammenziehung auf die unter ihr befindliche Flüssigkeitsmasse ausübte, wo denn von einem im Innern der Erde vorhandenen Hohlraume von der Art, wie Volger ihn sich denkt oder dachte, nicht mehr die Rede sein kann.

Mag man nun die hier dargelegte Theorie über die Entstehung des Sonnensystems anerkennen oder sie verwerfen: die Gründe, die wir oben für einen zeitlichen Ursprung des genannten Systems hervorgehoben haben, bleiben dennoch giltig. Indem die Laplace'sche Theorie diesen Ursprung auf gewisse mechanische Principien von anerkannter Richtigkeit zurückführt, erscheint derselbe in Ansehung verschiedener Punkte, namentlich was die Uebereinstimmung in der Bewegungsrichtung aller Glieder des Systems betrifft, minder auffällig. Auch konnte auf ganz analoge Weise, wie die einzelnen Planeten aus jenem Dunstballe entstanden, dieser selbst sich zuvor von einem andern grösseren abgelöst haben. Dabei darf jedoch nicht etwa an einen regressus in infinitum gedacht werden. Ein erstes Glied ist hier nothwendig. Sonst würde man zu einer Reihe ohne alle reale Bedeutung gelangen, d. h. zu einer Reihe, die aus lauter bedingten Gliedern besteht, von denen

keins ist ohne ein vorausgehendes. So ist die ganze Reihe gleich Null, da die vorausgehenden Glieder, welche die nachfolgenden bedingen sollen, sich rückwärts im Unendlichen verlieren, also eigentlich gar nicht existiren.

Wir wollen nun unsere Betrachtung dem Erdkörper insbesondere zuwenden, um den Spuren nachzugehen, die auf eine allmälige Ausbildung und einen zeitlichen Anfang desselben hinweisen. Dabei wird sich uns ein Urtheil über die entgegenstehende Möglichkeit von selbst ergeben.

Zweite Abtheilung.

Von der Entstehung der Erde.

Unter den Gesteinsarten, welche die starre Erdrinde zusammensetzen, interessiren uns zuvörderst die geschichteten Gesteine, die in einer gewissen Reihenfolge vorkommen und aus verschiedenen übereinander liegenden Schichten bestehen. Man nennt sie in Anbetracht ihrer Entstehung sedimentäre oder Sediment-Gesteine oder sedimentäre Felsarten. Von ihnen sind die nicht geschichteten krystallinisch-massigen Gesteine, so u. a. die Granite und Porphyre, leicht zu unterscheiden.

Die Sedimentgesteine verrathen eine auffällige Uebereinstimmung mit Gebilden, von denen man positiv weiss, dass sie unter Wasser durch eine schichtenweise Absetzung ihrer Bestandtheile entstanden sind. Zu diesen Absatzgebilden gehören namentlich Sandsteine und Thonschiefer, deren Bildung sich auch heute noch deutlich verfolgen lässt. Zum Behufe eines leichteren Verständnisses erinnern wir zunächst etwas näher an die Vorgänge, durch welche die heutigen Absatzgebilde zu Stande kommen. Man weiss, dass alle Gesteine unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft und des Wassers allmälig zerfallen. Je nach der Beschaffenheit der Gesteine und den sonstigen Umständen geschieht dies schneller oder langsamer, aber fast unausgesetzt. Die Folgen dieses Pro-

cesses, den man die Verwitterung nennt, gewahrt man nicht selten an dem zerrissenen Aussehen vieler Bergspitzen, wie denn auch viele isolirt daliegende Felsblöcke Ueberreste verwitterter Gebirge sind. Die meisten Gebirgsmassen sind nun Gemenge von sogenannten Silicaten, d. h. sie bestehen aus mannigfachen Verbindungen von Kieselerde mit Thonerde, Kalk, Talk, Kali, Natron, Eisen- und Manganoxydul. In der Mehrzahl dieser Verbindungen spielt die Kieselerde — bestehend aus Silicium und Sauerstoff — die Rolle einer schwachen Säure, die durch andere Säuren, und zwar hier namentlich durch die Kohlensäure der Atmosphäre ausgeschieden werden kann. Indem sie wirklich ausscheidet, werden die in Wasser löslichen Silicate durch die Kohlensäure mehr oder minder vollständig zersetzt. Die Zersetzung der Silicate durch die Kohlensäure geht aber um so rascher von Statten, je mehr Alkali sie enthalten. Dabei werden die Alkalien, so wie Kalk und Bittererde (Talkerde, Magnesia) theils allein, theils in Verbindung mit Kieselerde aufgelöst, während die Thonerde entweder gemengt oder in Verbindung mit Kieselerde zurückbleibt. Vornehmlich ist der Feldspath, der in vielen Fällen als eine Verbindung von kieselsaurem Kali mit kieselsaurer Thonerde angesehen werden kann, der Verwitterung ausgesetzt, und gibt daher, weil er in den meisten krystallinisch-massigen Gebirgsarten, z. B. im Granit, vorwaltet, zur Zersetzung grösserer Massen Anlass. Das schliessliche Product der Feldspathverwitterung ist der Thon oder das Kaolin, das sich seiner chemischen Zusammensetzung nach durch die Formel Al_2O_3, $2\ Si\ O_3 + 2\ Aq$ darstellen lässt, wo *Al* Aluminium, *Si* Silicium, *O* Sauerstoff und *Aq* Wasser bedeutet.

Zu diesen durch das kohlensäurehaltige Wasser bewirkten Zersetzungen kommen noch die Veränderungen, welche durch den Sauerstoff der Atmosphäre, durch den Wechsel von Nässe und Trockenheit, sowie durch den Wechsel von Frost und Aufthauen herbeigeführt werden. So geht das Eisenoxydul, welches in vielen Mineralien als Bestandtheil vorkommt, durch Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxyd über, wodurch das Gestein selbst in ein lockeres Gemenge verschiedener Zersetzungsproducte zerfällt. Wenn aber Wasser in die Spalten, Risse und Poren der Felsmassen oder zwischen die Absonderungen der Schichten eindringt und hier gefriert, so werden durch die im Moment der Erstarrung erfolgende Ausdehnung des Eises die härtesten Massen zersprengt, so dass

denn die getrennten Theile nach dem Aufthauen des Eises in der Form von Grus und Sand, wie bei Graniten und Sandsteinen, oder als eckige Trümmer, wie bei stark zerspaltenen Dolomiten und Kalksteinen, nach dem Gesetze der Schwere herabfallen und sich am Fusse der Felswände anhäufen.

Durch Niederschläge atmosphärischen Wassers werden nun die Producte der Verwitterung als verschiedene erdige Theilchen und Sand abgewaschen und fortgeschwemmt, und auch grössere Bruchstücke von den Bergwänden herabgeführt. Gebirgswasser, die namentlich im Sommer nach heftigen Regengüssen anschwellen, führen Bruchstücke (härterer Gesteine) mit sich, deren scharfe Ecken und Kanten sich allmälig durch Reibung mehr und mehr abrunden, so dass die Gerölle endlich eine kugel-, ei- oder scheibenförmige Gestalt erlangen. Die gewichtigsten Geröllmassen bleiben natürlich bei abnehmendem Gefälle des Wassers zuerst liegen, während andere minder schwere durch Flüsse und Ströme weiter getrieben werden, wobei sie aber vermöge ihrer Reibung am Wasser sowohl als an kleineren Stücken immer mehr an Masse verlieren. Noch weiter werden die feineren Sandkörner (Quarz) und am weitesten die im Wasser suspendirten festen Erdtheilchen, namentlich Mergel und Thon fortgetrieben. So setzen sich die bezeichneten Körper zum Theil auf dem Bette und an den Ufern der Flüsse, oder in Seebecken wieder ab. Indessen schwemmen Flüsse und Ströme auch von ihren Betten und Ufern Sand, Lehm und Thon mit sich fort.

Auf solche Weise führen denn die grösseren Flüsse dem Meere eine sehr beträchtliche Menge fester Theilchen zu, von denen die gröberen in der Nähe der Mündung, wo das fliessende Wasser eine starke Hemmung erfährt, niedergeschlagen werden, wogegen die festen aus Mergel und Thon bestehenden Schlammtheilchen ins offene Meer gelangen und hier allmälig zu Boden fallen. Eben dahin kommen auch die Mineralien, welche das Wasser nicht blos im Zustande einer feinen mechanischen Vertheilung, sondern im Zustande einer wirklichen Lösung enthält, so u. a. kohlensaurer Kalk, Gyps (schwefelsaurer Kalk) und eine gewisse Menge von Kieselerde. In Rücksicht der nicht im Wasser gelösten Mineralien wird jeder Strom, wie man es bei grossen Ueberschwemmungen deutlich wahrnehmen kann, die feineren thonigen Theilchen gesondert von dem gröberen Sand und diesen gesondert von den

grösseren Geröllen an allen den Stellen absetzen, wo seine Geschwindigkeit nicht mehr gross genug ist, um jene Körper frei schwebend zu erhalten. So kann ein und derselbe Strom zu drei verschiedenen Absatzgebilden Anlass geben, von denen das unterste aus Bruchstücken verschiedener Gesteine — den Geröllmassen —, das zunächst folgende aus Sandkörnern, und das oberste aus den feinen Thontheilchen bestehen wird. Die also entstandenen, anfänglich noch lockeren Absatzgebilde können dann durch den Druck neu aufgelagerter Massen und durch das Eindringen anderer Substanzen, die sich zwischen ihren Partikeln absetzen und diese mit einander verkitten, allmälig eine grössere Dichte und Festigkeit gewinnen. So kann aus jenen Geröllmassen ein sogenanntes Conglomerat- oder Breccienlager, aus einer Sandschicht fester Sandstein und aus Thonschichten fester Schieferthon und schliesslich Thonschiefer werden. Zu den eben erwähnten als Bindemittel dienenden Substanzen gehören namentlich kohlensaurer Kalk und kohlensaure Bittererde, kohlensaures Eisenoxydul, reine Kieselerde (Quarz) und Thon.

Die innere Beschaffenheit der geschichteten Gesteinsmassen, die wir in der starren Erdkruste finden, deutet nun, wie schon bemerkt, entschieden auf eine Bildung unter Wasser hin, indem die Stoffe, aus denen sie bestehen, alle Eigenschaften darbieten, welche wir noch jetzt an den jüngst gebildeten Niederschlägen wahrnehmen. Es gilt dies namentlich in Ansehung des mechanischen Gefüges ihrer Bestandtheile und des Grades der Härte und Festigkeit ihrer Massen in seiner Abhängigkeit von der dichteren oder lockeren Zusammenfügung. Alles zeigt hier auf eine schichtenweise Absetzung hin. Während neue Absatzgebilde, wie z. B. Sandsteine, die offenbar auf die bezeichnete Weise entstanden sind, eine auffällige Aehnlichkeit mit den ältesten bunten Sandsteinen zeigen, verrathen umgekehrt andere Formationen, die man ihren organischen Ueberresten nach zu den ältesten zählen muss, bezüglich ihrer Steinart eine grosse Uebereinstimmung mit den jüngsten Gebilden.

Auch die organischen Einschlüsse in den sedimentären Formationen bekunden, dass diese letzteren zeitlich und zwar unter Wasser entstanden sind. Man findet in ihnen deutlich erkennbare Ueberreste von Organismen, die nur im Wasser zu leben vermochten. Gewiss konnten die Schichten zur Zeit, als sie Muscheln und

andere Reste von Organismen in sich aufnahmen, noch nicht vollständig erhärtet sein. Von den meisten Organismen finden sich nur die gröberen Theile im Gestein vor, da die zarten weichen Theile wohl einer baldigen Zersetzung unterlagen. So wurden von den Pflanzen namentlich die Rinde, das Holz und die holzigen Früchte, von den Weichthieren die kalkigen Gehäuse, von den höheren Thieren aber vorzugsweise die Knochen erhalten. Von manchen Thieren ist die Form ihres Körpers dadurch bewahrt worden, dass die in denselben befindlichen Zwischenräume von einer in Wasser gelösten Substanz, so namentlich von Kieselerde oder kohlensaurem Kalk, allmälig unter Fortführung der organischen Bestandtheile ausgefüllt wurden. Doch haben auch zarte Blätter und fein gegliederte Insecten in der sie umgebenden und allmälig erhärtenden Masse deutliche Abdrücke hinterlassen. Endlich entstanden noch Versteinerungen auf die Weise, dass erdige Massen, wie Schlamm u. dglch. von Organismen herrührende Abdrücke im Laufe der Zeit ausfüllten und darin erhärteten. Ohne Zweifel bekunden nun die Ueberreste und Versteinerungen von Pflanzen und Thieren in den sedimentären Formationen deren Entstehung aus wässerigen Niederschlägen, so wie ihre allmälige Bildung in Betreff der Beschaffenheit, die sie dermalen darbieten. So hat man auch an verschiedenen Orten in beträchtlicher Tiefe unter der Erdoberfläche auf Schichtungsflächen Fährten oder Spuren von Thierfüssen entdeckt, z. B. auf den Schichtungsflächen eines bunten Sandsteins Spuren von Schildkröten, und anderwärts von Sumpfvögeln. Dergleichen Eindrücke verrathen also im Hinblick auf die betreffenden Schichten einen ehemaligen Zustand der Weichheit, der wohl nur von Wasser herrühren konnte.

Ferner hat sich, namentlich aus den mikroskopischen Beobachtungen Ehrenberg's ergeben, dass mächtige und ausgedehnte Kreidelager aus den Kalkschalen mikroskopisch kleiner Thierchen allmälig zusammengehäuft wurden. Auch andere Kalkgebirge bestehen thatsächlich aus den kalkigen Ueberresten von Thierchen, wie denn die Kalksteinbildung überhaupt zum grössten Theil ein Werk solcher Organismen zu sein scheint, welche den Kalk in löslicher Form aufnehmen und in ihrer Hülle absetzen. So besteht unter andern die Mastrichter Kreide vornehmlich aus Ueberresten von Mooskorallen (Bryozoen), die einen vielkammerigen Polypenstock von kohlensaurer Kalkerde bilden. Zu den kleinsten Kalk absetzen-

den Thierchen gehören die Rhizopoden (oder Foraminiferen), d. h. die Wurzelfüssler, die sich der Wahrnehmung gewissermaassen als ein Aggregat zarter Wurzelfasern darbieten, mittelst deren sich das Thier fortbewegt. Der Kalk, der sich in der Hülle absetzt, wird zu einer festen Hülse. Insgemein sind mehrere dieser Thierchen zu einem Stocke vereinigt, der denn eben so viele Hülsen enthält. Durch zahllose Oeffnungen (foramina) ragen jene Fasern oder Schleimfäden hervor, weshalb die Thierchen auch Foraminiferen genannt werden. Man rechnet, dass auf einen Kubikfuss an 5000 Millionen Individuen kommen. Im Hinblick auf die enorme Anzahl und Vermehrungsfähigkeit dieser Thierchen kann es daher nicht befremden, wenn aus ihren Ueberresten im Laufe der Zeit sehr ausgedehnte und mächtige Lager entstehen. Man findet die Foraminiferen, von denen man sehr viele Arten entdeckt hat, sowohl an den Küsten, wie im offenen Ocean, und zwar hier in überwiegender Menge. Gewiss haben derartige Organismen auch in früherer Zeit zur Bildung von Kalkschichten beigetragen. — Auch der Sand vieler Dünen und anderer Küstenbildungen besteht oft grossentheils aus den Gehäusen jener kleinen Schalthiere. Der Boden der lybischen Wüste hat zum grossen Theil einen organischen Ursprung; namentlich stammt der dortige Kalksand von Kalkthierchen her. Anderwärts fand man, besonders in stillen Meeresbusen, Kalkgebilde, die von kleinen Schnecken herrühren, von denen die grössten etwa $\frac{3}{4}$ Linie Durchmesser haben.

Zu den Thieren, welche noch heut zu Tage Kalk in grösserer Menge absetzen, gehören ferner die Austern und Korallen, deren Thätigkeit freilich nicht zu so mächtigen und ausgedehnten Kalkablagerungen führt, wie jene mikroskopische Thierwelt vermöge der enormen Menge ihrer Individuen. Doch erscheint auch die Korallenbildung in nicht gerade unbedeutenden Dimensionen. Man findet die Korallen — Madreporen, Mäandrinen, Asträen, Cariophyllien, etc. — vorzugsweise in den wärmeren Meerestheilen, wo eine sehr grosse Anzahl von Klippen aus Korallenriffen besteht. Die Fortpflanzung dieser Thiere, die einen festen Korallenstock von kohlensaurer Kalkerde absondern, geschieht durch Theilung, womit eine allmälige Vergrösserung des Korallenbaues gegeben ist. Da wo die Kalkschale eine gewisse Dicke erreicht hat, stirbt das Thier ab, während es andrerseits fortwächst. Als Bedingungen eines betriebsamen Lebens der Korallenthiere hat man eine Unterlage von

Fels, abgestorbenen Korallen oder Muscheln und klares Meerwasser, so wie eine beständige Wasserbedeckung oder fortgesetzte Benetzung durch die Brandung erkannt. In grösseren Meerestiefen scheinen sie nicht fortleben zu können. Heut zu Tage bemerkt man die Thätigkeit der Korallen vorzugsweise an seichten Küsten, wo sie die sogenannten Strand- oder Küstenriffe bilden, entweder unmittelbar am Ufer oder in einer gewissen Entfernung von demselben, so dass im letzteren Falle zwischen der Küste und dem Riffe nicht selten ein seichter Kanal übrig bleibt. In seichten Meeren finden sich Korallenriffe auch in grösserer Entfernung von den Küsten.

Erhebliche Dimensionen zeigen verschiedene ältere Korallenbildungen, namentlich die sogenannten Dammriffe in einiger Entfernung von den Küsten vieler Inseln der Südsee. Im indischen und grossen Ocean finden sich auch häufig ringförmige Korallenriffe, sogenannte Atolle, deren innerer von den Korallen eingeschlossene, mehr oder minder runde Raum einen ruhigen Wasserspiegel (die Lagune) darbietet, der jedoch nicht selten durch einen oder mehrere Kanäle mit dem Ocean in Verbindung steht. Nach Darwin ist die Bildung dieser Atolle, wie der höheren Korallenriffe überhaupt, sehr wahrscheinlich mit einem Sinken des Meeresgrundes in den betreffenden Gegenden verknüpft, wobei die Korallen unten absterben, während sie oben ihren Bau fortsetzen. Im Falle einer Erhebung des Bodens, wie sie hie und da stattfindet, gerathen natürlich die zuvor gebildeten Riffe über das Wasser. — Beachtenswerth in Betreff unserer Aufgabe ist das Vorkommen fossiler Korallenbildungen weit über die Tropenzone hinaus in verschiedenen Gegenden, die der gemässigten Zone angehören. So wird in England ein mächtiges Glied der secundären Oolithfolge der Korallenfels (coral-ray) genannt, weil es grösstentheils aus ineinander verschlungenen Stämmen und Aesten von Cariophyllien und Asträen zusammengesetzt ist. In noch älteren Kalksteinformationen, wie in dem englischen Mountain- und Wenlock-limestone, bilden gleichfalls in grösseren Partieen Korallen die vorherrschende Masse. Auch im schweizerischen Jura hat man Korallenriffe gefunden, hier und da ringförmige Riffe (Atolle) mit zahlreichen Ueberresten von Muscheln, Schnecken, freien Korallen und Seeigeln in den inneren von den grösseren Steinkorallen umschlossenen Räumen. Im Berner und Solothurner Jura bemerkte man Riffe auf kieseligen, sandigen Kalksteinen, die mit Sand und Mer-

gelschichten wechseln. Offenbar liegen hier Meeresgebilde vor, die allmälig entstanden und im Laufe der Zeit durch Hebung des Meeresgrundes aus dem Bereiche des sie bedeckenden Wassers kamen.

Sonach sind die Kalksteinformationen der Erdrinde wohl zum grössten Theil das Werk thierischer Organismen. Vielleicht haben aber auch sehr niedrige Pflanzen (Algen) zur Bildung von Kalkschichten in nicht unbeträchtlichem Maasse beigetragen *). Andere mikroskopische Thierchen (Infusorien) setzen einen Panzer oder ein Schildchen von amorpher Kieselerde ab, so die Bacillarien, denen gleichfalls eine ungemeine Vermehrungsfähigkeit eigen ist. Bei einer Art solcher Thierchen (Hydatina senta) hat sich die Möglichkeit der Vermehrung eines Individuums auf 4 Millionen in 11 Tagen, und bei einer andern (Vorticella) auf 16 Millionen in 24 Stunden ergeben. Solche Kieselinfusorien befinden sich in fliessenden und stehenden Gewässern, auch im Meere, während die oben betrachteten Kalkthierchen (Mooskorallen, Polythalamien, Bryozoen) nur im Meere vorkommen. Die aus Kieselerde bestehenden Schalen jener Thierchen bleiben, nach dem Absterben derselben, als ein weisslicher feinerdiger Ueberzug, oder als Bodensatz der Gewässer zurück. Die Reste von zahllosen Milliarden solcher abgestorbenen Thierchen häuften sich allmälig zu Lagern an, die ein mehr oder minder zerreibliches Kieselgestein bilden, welches als Tripel, Polirschiefer, Kieselguhr und Bergmehl bekannt, und in den verschiedensten Gegenden der Erde aufgefunden ist. In Deutschland hat man eines der grössten Infusorienlager auf der Lüneburger Haide entdeckt, ebenso in dem Boden, auf welchem Berlin steht, ein sog. Torf- und Thonlager, das sich längs der Spree und Havel hinzieht. Die torfige Erdmasse besteht aus einem Gemisch von Kieselthieren und Pflanzenresten, der sogenannte Thon aber fast ganz aus Infusorien, unter denen sich noch viele lebende Formen finden.

Man hat nun auch in der Kreide, die, wie wir wissen, aus den Ueberresten von Kalkthieren besteht, Schalen von Kieselinfusorien entdeckt. Namentlich zeigen sich im nördlichen Afrika, in Sicilien und andern Ländern des Mittelmeeres mit Lagern von dichtem Kalkstein, Thon und Sandstein beträchtliche Bänke von

---

*) Vgl. in dieser Beziehung R. Ludwig und G. Theobald in Poggendorff's Annalen. Bd. 87. S. 91.

weissgrauem Kreidemergel oder Tripel verbunden, in welchen neben den Kalkthierchen der Kreide auch viele deutlich erkennbare Schalen von Kieselinfusorien vorkommen. Anderwärts erscheinen die Kieselschalen in den Kreidemassen zu grösseren Knollen (Feuersteinen) miteinander vereinigt, deren organischen Ursprung das Mikroskop deutlich erkennen lässt. — Indessen sind die mikroskopischen Organismen, welche eine Kieselhülle absondern, nicht alle thierischer, sondern zum Theil wohl auch, wie namentlich die weit verbreiteten Diatomaceen, sehr wahrscheinlich pflanzlicher Natur.

In der Reihe der sedimentären Formationen begegnen wir auch den Kohlenschichten, die ebenfalls von Organismen herrühren, da sie als die kohligen Ueberreste vermoderter Pflanzen angesehen werden müssen. Die Braunkohle (Lignit) trifft man in grösserer oder geringerer Mächtigkeit schichtenweise mit Kalk, Thon und Sandstein abwechselnd in verschiedenen Abänderungen mit fast unversehrt gebliebener vegetabilischer Structur als bituminöses oder fossiles Holz bis zu einem schwarzen glänzenden Körper, der Pechkohle, die kaum noch eine organische Structur verräth. Doch findet man in den dieser Kohle anliegenden Gesteinen Abdrücke von Blättern und andern Pflanzentheilen. — Die erdige Braunkohle erscheint gelblich bis schwärzlich braun, zerreiblich und abfärbend, die Papierkohle dünnschiefrig und schwärzlich braun. Manche Papier- oder Blätterkohlen erscheinen unter dem Mikroskop zum Theil aus Kieselschalen von Infusorien zusammengesetzt, die durch Bitumen (Erdharz, Erdpech) mit einander verbunden sind. In andern derartigen Massen erkannte Ehrenberg eine beträchtliche Quantität von Samenstaub (Fichtenpollen). — Die Stein- oder Schwarzkohle unterscheidet sich von der Braunkohle u. a. durch einen grösseren Kohlenstoffgehalt im Vergleich zum Wasser- und Sauerstoff, was auf einen weiter vorgeschrittenen Verkohlungsprocess hindeutet. E. Bischoff fand die Steinkohle, abgesehen von einer gewissen Menge Stickstoffes, zusammengesetzt aus 82,3 Kohlenstoff, 5,5 Wasserstoff und 12,2 Sauerstoff, hingegen bei einer Reihe von Braunkohlen den Kohlenstoffgehalt zwischen 45 und 55 Proct., den Wasserstoffgehalt zwischen 4 und 5, und den Sauerstoffgehalt zwischen 25 bis 30 Prct. In Hinsicht auf die äusseren Charaktere zeigen manche Steinkohlen eine sehr grosse Aehnlichkeit mit gewissen Braunkohlensorten. Namentlich stehen die

sogenannten mageren Steinkohlen, die mit schwacher und blauer Flamme brennen, ohne sich aufzublähen, der Braunkohle am nächsten.

Die Steinkohlenlager wechseln mit Lagern von grauem Sandstein und Schieferthon, und haben eine sehr verschiedene Mächtigkeit: von wenigen Zollen bis 4 oder 6 Fuss, aber auch von 10 bis 20, 40 und selbst 60 Fuss. Einige liegen tief unter, andere in bedeutender Höhe über dem Niveau des Meeres. Meist liegen mehrere Kohlenflötze, öfter in grosser Anzahl in paralleler Lagerung übereinander, durch Thonschichten, seltner durch Sandsteinschichten von einander getrennt, so dass mitunter 100 und mehr Lagen von Steinkohlen aufeinander folgen. Vorzugsweise findet man sie in muldenförmigen Vertiefungen, horizontal gelagert und von Sandsteinen bedeckt. Ueberreste von Pflanzen finden sich in den Steinkohlen häufig vor, obschon sie selbst nur noch stellenweise eine vegetabilische Structur bekunden. Vornehmlich zeigen sich an dem angrenzenden Kohlenschiefer oder Schieferthon und Kohlensandstein wohl erhaltene Abdrücke von Blättern und Stämmen. In einzelnen Kohlenschichten hat man auch oft ganze Stämme, mitunter in aufrechter Stellung und in die darüber liegenden Gesteinsschichten hineinragend, angetroffen.

Als das in Betreff der Verkohlung am weitesten vorgeschrittene Umwandlungsproduct vegetabilischer Substanzen erscheint die Glanzkohle (Kohlenblende) oder der Anthracit, grau oder eisenschwarz, häufig metallisch glänzend, von muscheligem Bruche, nicht selten stark abfärbend wegen der geringen Cohäsion der Theilchen. Die Beschaffenheit des Anthracit als solchen, der nach einer Analyse von Regnault fast ganz aus Kohlenstoff besteht, verräth keine Spur organischen Ursprunges, was jedoch in Hinsicht auf den Umstand, dass er aus einer allmäligen Zersetzung von Pflanzensubstanzen hervorgegangen ist, nicht befremden kann. Sein wirklich vegetabilischer Ursprung lässt sich mit Evidenz erschliessen aus dem Vorkommen von Pflanzenresten in den ihn begleitenden Schiefern, welche Abdrücke von Pflanzen enthalten, die mit denen der Steinkohlenflora wesentlich übereinstimmen, ebenso aus der Analogie seiner Zusammensetzung und seiner geologischen Verhältnisse mit denjenigen der Steinkohle, und endlich aus der Thatsache, dass

Steinkohlenlager öfter Nester von Anthracit einschliessen, oder im Fortstreichen in Anthracit übergehen *).

Die bezeichneten Kohlenlager sind wohl ohne Zweifel alle aus einer Anhäulung und Zersetzung (Verkohlung) von Pflanzen entstanden, mögen nun die letzteren dieser oder jener Art angehört, sich so oder anders zusammen gehäult, und ihr Zersetzungsprocess im Besondern auf diese oder jene Weise stattgefunden haben. Dermalen denkt man in Hinsicht auf die Entstehung der Steinkohlen vornehmlich an ehemalige mächtige Torfmoore, die im Laufe der Zeit in die Tiefe sanken und von Niederschlägen aus dem Wasser bedeckt wurden. Analoges gilt in Betreff der Braunkohle. Verschiedenheiten des äusseren Druckes von Seiten der aufgelagerten Massen, verschiedene Grade der Wärme und Feuchtigkeit, mehr oder minder gehemmter Luftzutritt konnten bezüglich des fortschreitenden Verkohlungsprocesses der verschütteten Pflanzenwelt Unterschiede bewirken. Nach einer anderen Ansicht sollen die Steinkohlen aus Ansammlungen vermoderter Meerespflanzen an verschiedenen Orten hervorgegangen sein. Einer dritten Ansicht zufolge entstanden die Steinkohlenlager aus Pflanzen, die durch Wasser zusammengeschwemmt wurden, auf analoge Weise, wie noch jetzt Flüsse, die durch dicht bewaldete Länder strömen, eine grosse Menge von Holz mit sich führen und an ihren Mündungen oder an andern Plätzen fallen lassen. Doch hat man erkannt, dass diese Entstehungsweise nur in einem sehr beschränkten Maasse gelten kann. Manche Geologen lassen dieselbe in Ansehung einzelner Kohlenlager zu. Sonst denkt man vorzugsweise an eine Entstehung aus Torfmooren und aus Ansammlungen vermoderter Meerespflanzen. Nach einigen Geologen sollen die Steinkohlen freilich nur oder doch fast nur aus Torfmooren sich gebildet haben, wohingegen nach Mohr **) nur aus Meerespflanzen Steinkohlen entstehen konnten. Im Uebrigen scheint die Ansicht, dass die Entstehung der Kohlenlager nicht auf eine besondere Periode beschränkt war, sondern während fast aller sedimentären Bildungen stattfand, mehr und mehr Geltung zu gewinnen.

Fasst man nun alles, was man von den sedimentären Formationen und den ihnen beigezählten Gliedern positiv weiss, und

*) S. Studer, Lehrbuch der phys. Geographie und Geologie. I. S. 224.

**) Geschichte der Erde etc. 1866. S. 82 ff.

in den obigen Betrachtungen rücksichtlich unserer Aufgabe den Hauptpunkten nach hervorgehoben ist, zusammen: so dringt sich unabweislich der Schluss auf, dass alle diese Formationen, von dem obersten Alluvium bis zu den untersten silurischen Schichten hinab, wirklich zeitlich entstanden und allmälig ihre dermalige Beschaffenheit erlangten, so dass man in dieser Beziehung zwei Bildungszeiten von einander zu unterscheiden hat, nämlich die Zeit des Niederschlages oder der ersten Ablagerung von der Zeit der Erhärtung oder sonstigen Umwandlung.

Da die Bildung der sedimentären Gesteine nur successiv, durch Absatz ihrer Bestandtheile auf einer bereits vorhandenen Unterlage erfolgen konnte, so müssen in einer Reihe verschiedener übereinander liegender Schichten offenbar die unteren älter als die oberen sein, insofern die letzteren eben später als jene abgesetzt wurden. Demnach ist diejenige Formation oder Schichtenreihe, welche auf einer andern liegt, jedenfalls jünger als ihre Unterlage. — Man hat nun in Hinsicht auf die zeitliche Aufeinanderfolge der sedimentären Formationen verschiedene Bildungsperioden unterschieden, und zwar im Grossen und Ganzen die primäre, secundäre, tertiäre und quartäre Periode. Die primäre Periode umfasst verschiedene krystallinische Schiefer, die man insgemein als krystallinische Umwandlungsproducte gewisser sedimentärer Formationen betrachtet, ferner die Grauwackengruppe, den sogenannten Uebergangskalkstein und den Kohlensandstein nebst Steinkohlen. Das Hauptglied der Grauwackengruppe ist ein fester grauer Sandstein (der Grauwackensandstein) meist mit Thonschiefermassen verbunden, weit verbreitet in Europa und andern Welttheilen, häufig in grosser Mächtigkeit auftretend. Man pflegt die obere oder jüngere Grauwacke nach der englischen Grafschaft Devonshire die devonischen Schichten, die untere Grauwacke aber nach einer Gegend in England, wo früher die Siluren wohnten, die silurischen Schichten zu nennen. Die secundäre Periode umfasst vornehmlich die Trias-, Jura- und Kreidegruppe. Die Triasgruppe enthält die Formation des rothen Sandsteines, die Muschelkalkformation und die Keuper- (oder bunte Mergel-) Formation. Ueberhaupt sind gewisse Kalksteine, Sandsteine und Thon die vorherrschenden Glieder der secundären Formationen, die man auch Flötz-Gebirgsarten nennt. Zu den Gebilden der tertiären Zeit rechnet man u. a. namentlich die Molasse, deren es verschiedene Arten

gibt. Insgemein versteht man darunter mehr oder minder feste, aus Körnern von Quarz, Kieselschiefer und verschiedenen Mineralien bestehende Sandsteine. An der West- und Nordseite der Alpen findet sich die Molasse in sehr naher Verbindung mit Nagelfluh, womit man in der Schweiz die groben Conglomerate bezeichnet, deren manniglache Gerölle durch ein Cement von mergeligem, zuweilen eisenschüssigem Sandstein verkittet sind. Im mittleren Europa bestehen die oberen Schichten der tertiären Formationen besonders aus Sand, Kies, Mergel (mit Süsswasserversteinerungen) und Braunkohle, die mittleren hauptsächlich aus Grobkalk, einem sandigen Kalk von grobem Korn mit eingesprengten Grünerdekörnchen, die unteren aber vorzugsweise aus Thon und Schieferthon (mit Schwefelkies) im Wechsel mit Braunkohle. Die quartäre Periode endlich beginnt mit den Kies-, Sand- und Lehmablagerungen, die unter dem Namen der Diluvial-Bildungen bekannt sind und zum Theil grössere Bruchstücke älterer Formationen einschliessen. Denselben reihen sich die jüngeren Kies- und Sandmassen — die sogenannten Alluvialbildungen — an, sowie alle noch in der Fortbildung begriffenen Formationen.

Man darf nun im Hinblick auf die verschiedenen sedimentären Formationen nicht etwa denken, dass dieselben in der Art, wie sie in gewissen Gegenden übereinander gelagert sind, sich gleichmässig über die ganze Erde erstrecken, also gewissermassen concentrische Kugelschalen um den Erdmittelpunkt bilden. So verhält es sich nicht. Man muss es vielmehr auf Grund der neueren Untersuchungen für höchst wahrscheinlich halten, dass die meisten Formationen, die wir kennen, ein räumlich beschränktes Gebiet einnehmen. In verschiedenen Gegenden landen zu derselben Zeit Ablagerungen von mehr oder minder ungleicher Zusammensetzung statt, indem hier Meeresformationen, dort Süsswasser- und anderwärts Sumpfformationen gleichzeitig abgesetzt wurden, wie denn auch in einem sehr ausgedehnten Wasserbecken an verschiedenen Orten gleichzeitig Niederschläge von abweichender Zusammensetzung erfolgen konnten. Sonach können zwei Formationen, die verschiedenen Erdgebieten angehören, gleiches Alter haben, wenn sie auch mineralogisch ungleich zusammengesetzt sind, und umgekehrt bei gleicher mineralogischer Zusammensetzung zu verschiedenen Zeiten entstanden sein. Ohne Zweifel waren in verschiedenen Zeiträumen und Gegenden die Ablagerungsgebiete von sehr unglei-

cher Grösse. Manche unter ihnen hatten wohl eine ungemeine Ausdehnung; ob aber die ganze Erde irgend einmal gleichzeitig überall von Wasser bedeckt war, ist sehr fraglich. Doch ist es bedeutsam, dass mit dem höheren Alter, welches man gewissen Formationen zuschreiben muss, die Gleichmässigkeit ihrer Zusammensetzung und ihrer organischen Einschlüsse, so wie auch ihre Ausdehnung zunimmt, während umgekehrt neuere Formationen, je näher der heutigen Periode ihre Entstehung liegt, einen um so localeren Charakter, eine desto geringere Ausdehnung und Mächtigkeit bekunden. Um so mehr weichen sie auch in ihrer Zusammensetzung und bezüglich der in ihnen enthaltenen organischen Ueberreste an verschiedenen Orten von einander ab.

Die sedimentären Gesteinsmassen zeigen nicht überall eine horizontale oder wagerechte Lage der Schichtungsebenen, sondern häufig auch eine geneigte und sogar senkrecht aufgerichtete Lagerung. Es ist ersichtlich, dass, wenn der Boden, auf welchem die Niederschläge stattfanden, uneben oder geneigt war, auch die betreffenden Schichten eine unebene oder geneigte Lage erlangen konnten; doch konnte eine stark geneigte oder gar senkrechte Stellung der Schichten, wenn sich dieselben unter Wasser absetzten, durch eine derartige Beschaffenheit der Unterlage nicht herbeigeführt werden. Häufig findet man auch sedimentäre Formationen vielfach gekrümmt oder gefaltet, zerbrochen und stellenweise ganze Schichtenstücke in umgekehrter Lagerungsfolge auf den übrigen liegen. Die Erklärung aller dieser Erscheinungen kann man nur in Senkungen und Emporrichtungen finden, durch welche die ursprünglich horizontal abgesetzten Schichten in die abweichende Lage versetzt wurden. Manche Störungen der normalen Lagerungsverhältnisse sind wohl durch eine unterirdische Auswaschung gewisser Gebirgsarten und dadurch bedingte Einstürze erfolgt; allein in der Mehrzahl der Fälle, namentlich im Hinblick auf ganze Gebirgsketten, die aus sedimentären Schichten bestehen, haben wir ohne Zweifel an Emporhebungen zu denken. Hat man doch Ueberreste von Meeresthieren bis 10000 Fuss über dem Meeresniveau gefunden. Jedenfalls haben wir es hier mit einer Kraft zu thun, die aus der Tiefe von unten nach oben wirkte. Worin bestand aber nun diese Kraft? Waren es vielleicht stark gespannte Wasserdämpfe, denen man auch in Betreff der heutigen vulkanischen Erscheinungen eine wirksame Rolle zuschreibt? Man kann es als erwiesen

ansehen, dass solche Dämpfe allein jene Wirkung nicht haben konnten. Vielmehr wird hier unsere Betrachtung auf eine andere Klasse von Gebirgsarten hingelenkt, nämlich auf die krystallinisch-massigen Gesteine, deren wir schon einmal beiläufig gedacht haben.

Die krystallinisch-massigen oder Silicat-Gesteine, die einen sehr beträchtlichen, vielleicht den grössten Theil der festen Erdmasse, vornehmlich der Gebirge bilden, sind aus verschiedenen krystallinischen Mineralien zusammengesetzt, unter denen uns als die wesentlichsten Feldspath, Quarz, Glimmer, Augit oder Pyroxen, Hornblende oder Amphibol begegnen. Diese Mineralien bestehen aber wieder aus Verbindungen des Sauerstoffes mit verschiedenen metallischen Grundstoffen, namentlich mit Silicium, Aluminium, Eisen, Calcium, Talcium oder Magnesium, Kalium und Natrium. Man kennt diese Verbindungen als Kieselerde (Kieselsäure), Thonerde, Eisenoxydul, Kalkerde, Talkerde, Kali und Natron, unter welchen namentlich die Kieselerde und nach ihr die Thonerde als Bestandtheil jener Gesteine vorwaltet. Als das hauptsächlichste Glied der genannten Mineralien betrachtet man den Feldspath, da er fast allen krystallinischen Silicatgesteinen, und zwar den am häufigsten vorkommenden in überwiegender Menge eigen ist. Man unterscheidet verschiedene Arten desselben. Der Kalifeldspath (Orthoklas oder Adular) besteht aus kieselsaurem Kali und kieselsaurer Thonerde, und kann seiner chemischen Zusammensetzung nach durch die Formel $KaO, {}_{2}SiO_2 + Al_2O_3, {}_{2}SiO_2$ dargestellt werden, wo Ka Kalium, O Sauerstoff, SiO_2 Kieselsäure, Al Aluminium und Al_2O_3 Thonerde bedeutet. Im Natronfeldspath (Albit) ist das Kali durch Natron vertreten, im Labradorfeldspath durch Natron und Kalk. Der Glimmer besteht vornehmlich aus Kiesel- und Thonerde, mitunter auch aus nicht unbeträchtlichen Mengen von Talk (Magnesia), der in manchen Glimmerarten die Thonerde ganz vertritt. Ausserdem findet man noch einen wechselnden Gehalt von Eisenoxyd und Eisenoxydul, Kali, Lithion und Fluor; daher man denn von Kali-, Magnesia-, Lithionglimmer u. s. w. spricht. Der Augit (Pyroxen) ist eine Verbindung von Kieselsäure mit Kalk und Magnesia (Bittererde), denen in manchen Augiten noch Eisenoxydul beigesellt ist. Mitunter ist auch die Magnesia durch Mangan- oder Eisenoxydul vertreten. In der Hornblende oder dem Amphibol endlich finden sich gleichfalls als hauptsächlichste Bestandtheile Kieselsäure, Kalkerde und Magnesia, nebst Eisen- und Manganoxydul.

Nun erscheint eines der am häufigsten vorkommenden Silicatgesteine, der Granit, als ein krystallinisch-körniges Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer, ferner der Syenit seiner vorherrschenden Grundmasse nach als Feldspath mit Hornblende, der Diorit als ein Gemenge von Natronfeldspath, Hornblende und Quarz mit krystallinisch körnigem Gefüge oder schiefriger Structur. — Ein anderes hierher gehöriges Gestein ist der rothe Porphyr (Quarzporphyr). Derselbe besteht hauptsächlich aus einer dichten, derben Feldspathmasse mit Quarz, die in ihrem Innern einzelne Krystalle von Feldspath (Orthoklas), Quarz und mitunter auch solche von Glimmer oder Hornblende enthält. Eine diesem Porphyr ähnlich zusammengesetzte Gebirgsart ist der Trachyt, aus einer feldspathquarzigen Grundmasse bestehend, welche Krystalle von glasigem Feldspath, häufig auch Glimmerblättchen und Hornblendenadeln einschliesst. Die Grundmasse des Dolerit ist ein inniges Gemenge von Kalk- oder Labradorfeldspath und Augit, welches ausgesonderte Krystalle der eben erwähnten Bestandtheile, so wie auch Magneteisen, Olivin etc. enthält. Auch der Melaphyr oder Augitporphyr stellt sich als ein inniges Gemenge aus Augit und Labradorfeldspath dar, das durch einzelne Krystalle von Augit und Labrador porphyrartig aussieht. Gleichfalls ein inniges Gemenge aus Augit und Feldspath mit Magneteisen ist der Basalt, dessen Grundmasse in der Regel Olivin und Augit, seltner Krystalle von Feldspath, Magneteisen, Hornblende und Glimmer eingelagert enthält. Der Phonolith oder Klingstein endlich erscheint als ein krystallinisches Gemenge von glasigem Feldspath und einem Zeolith, der hauptsächlich aus Kieselerde, Thonerde und Natron besteht und meist auch eine gewisse Menge von Wasser chemisch gebunden enthält.

Die zuvor charakterisirten Silicatgesteine findet man in geognostischen und geologischen Werken häufig als Eruptivgesteine bezeichnet, nicht selten auch als Erstarrungsgesteine, unter der Voraussetzung nämlich, dass sie in einem erweichten, heiss- oder schmelzflüssigen Zustande aus dem Innern der Erde emporgedrungen und allmälig erstarrt seien. Gewiss sind dieselben, gleichviel in welchem Zustande, aus der Tiefe emporgedrungen. Es ergibt sich dies zuvörderst aus der schon oben erwähnten Abweichung der sedimentären Schichten von ihren normalen Lagerungsverhältnissen an gar vielen Orten der Erdoberfläche. Ohne Zweifel ist

hier die anfänglich horizontale Lagerung der Schichten durch eine spätere Einwirkung, und zwar zumeist in Folge einer hebenden Kraft gestört worden. Die Schichten zeigen sich in den betreffenden Gegenden mehr oder weniger steil aufgerichtet, hie und da gefaltet, verworfen und auseinander gerissen und sogar überstürzt, so dass die älteren Ablagerungen die oberen, die jüngeren die unteren sind. Man bemerkt diese Verhältnisse in der Ebene sowohl als an den Durchschnitten, welche die Hügel und Berge gewähren, an den letzteren besonders auffällig, indem hier die höheren Schichten in der Regel am steilsten aufrecht stehen, während die Neigung an den Abhängen hin, am Fusse des Gebirges allmälig immer unbedeutender wird und endlich in der Ebene dieselben Schichten, welche dort aufrecht stehen, in der ursprünglichen Lage mehr oder weniger erhalten, horizontal auslaufen. Auf jene geneigten Schichten sind an dem Abhange und namentlich nahe dem Fusse der Gebirge andere Wassergebilde abweichend und oft horizontal abgelagert, woraus sich entnehmen lässt, dass die letzteren nicht von der hebenden Kraft, welche die ersteren aus ihrer anfänglichen Lage herausgerückt hat, getroffen worden sind und also zu einer Zeit abgesetzt wurden, welche dem Hebungsphänomene erst nachfolgte. Dieses letztere steht nun sehr wahrscheinlich mit einer aufsteigenden Bewegung der Silicatgesteine im Zusammenhange, obwohl dabei nicht immer, vielleicht gar nur selten, an einen wirklichen Durchbruch derselben zu denken ist. Neuerdings hat namentlich B. Cotta *) darauf hingewiesen, dass die meisten und stärksten Störungen der Lagerung sich nicht in der Nähe eruptiver Gesteine finden; nur ausnahmsweise finde man neben Eruptivgesteinen die von ihnen durchbrochenen sedimentären dergestalt verändert oder aufgerichtet, dass man die Ursache davon der Eruption jener Gesteine beimessen könnte. Im südlichen Tirol, wo die sedimentären Schichten bis zur Juraformation aufwärts vielfach von neueren Eruptivmassen durchsetzt sind, liegen sie weit regelmässiger und ursprünglicher übereinander als da, wo solche Durchsetzungen fehlen. Die Jura- und die Weserkette bestehen aus lauter gehobenen und gefalteten Schichten, aber in beiden tritt nirgends ein eruptives Gestein zu Tage. Auf Grund dieser und anderer analogen Thatsachen schliesst nun Cotta, dass die häufig-

---

*) Geologie der Gegenwart. 1867. S. 143; 149 f.

sten, auffallendsten und grossartigsten Störungen der ursprünglichen Lagerung keineswegs von dem Aufdringen eruptiver Gesteine, sondern vielmehr von der aufsteigenden Bewegung ganzer Erdkrustentheile ohne Auswege für die heissflüssige Innenmasse herrühren. Dabei huldigt Cotta der plutonistischen Ansicht, wornach die Silicatgesteine sich ehemals in einem weichen, heiss- oder schmelzflüssigen Zustande befanden. Dieses flüssige Erdinnere, aus dessen Erstarrung jene Gesteine hervorgingen, konnte nur dann gegen die Oberfläche emporsteigen, wenn durch irgend einen Umstand eine Spalte oder ein anderer Weg geöffnet war. Die unmittelbaren Wände der Spalten oder sonstigen Oeffnungen mögen bei dem Empordringen der flüssigen Masse einige Veränderungen erlitten haben, aber ein solcher Einfluss konnte, wie Cotta meint, nur dann belangreich werden, wenn ein ganzer Erdkrustentheil gleichzeitig sehr vielfach zerspalten war und die einzelnen Stücke dadurch gewissermassen isolirt waren. Die flüssige Masse mochte sich durch Friction oder Schmelzung einen local weiteren Weg, eine Art Kraterschlund bahnen, aber sie konnte nicht ganze Erdkrustentheile erheben und aufrichten, so lange sie irgend einen Ausflussweg fand. Demnach ist die aufsteigende Bewegung ganzer Erdkrustentheile und die damit verknüpfte Störung der normalen Lagerungsverhältnisse in einem Emporstreben der heissflüssigen Innenmasse, in einer innern vulkanischen Reaction, nicht aber in einem wirklichen Durchbruche dieser Masse begründet.

Die oben charakterisirten Lagerungsverhältnisse der sedimentären Felsarten bekunden also mit Evidenz eine von unten her wirksam gewesene Kraft. Auch lassen die Lagerungsverhältnisse der Silicatgesteine, welche die sedimentären Formationen durchsetzen, nicht verkennen, dass jene Gesteine aus der Tiefe emporgedrungen sind, und in ihrer dermaligen Beschaffenheit nicht von Ewigkeit her bestehen. Selbstverständlich handelt es sich hier nicht um die einfachen Grundstoffe oder gar um die einfachen Atome, aus welchen die näheren Bestandtheile der betreffenden Gesteine zusammengefügt sind. Jene Elemente oder Atome mögen immerhin von Ewigkeit her existiren. In Frage steht aber die Kraft, welche ganze sedimentäre Erdkrustentheile und die Silicatgesteine in der Form von Gebirgen emporhob. Nach der zuvor erwähnten plutonistischen Ansicht war es die Reaction der heissflüssigen Innenmasse gegen die bereits vorhandene sedimentäre Erdkruste, welche

auf die letztere hebend wirkte, wie denn auch dieselbe Reaction, die wiederum durch den Druck der starren Erdkruste gegen die im Erdinnern vorhandene Flüssigkeitsmasse bedingt ist, diese zum Emporsteigen nöthigt, wenn sich Spalten und sonstige Oeffnungen nach der Oberfläche hin darbieten. Dabei könnte man noch auf Wasserdämpfe von sehr starker Spannung reflectiren, indem tropfbares Wasser, wenn es in's Bereich der innern Glühhitze gelangt, in die Gasform übergehen muss. Doch kann dieser Factor als hebende Macht nur sehr beiläufig in Anschlag kommen.

Nach der neptunistischen Ansicht sind auch die Silicatgesteine auf nassem Wege entstanden. Als wesentlichste Bedingung für das Entstehen krystallinischer Mineralkörper und der Hebung der Gebirge wird von einigen neueren Neptunisten *) die Diffusion angesehen. Nur sie könne eine Ortsveränderung des Stoffes im Innern der Erde mit sich führen. Als Lösungsmittel kommt hier aber ausschliesslich das Wasser in Betracht, welches die Erde durchdringt und alle Stoffe miteinander in Berührung und Wechselwirkung setzt. Berühren sich zwei Flüssigkeiten von ungleicher Zusammensetzung oder ungleicher Concentration, so tritt bekanntlich eine Bewegung ein, die so lange dauert, bis beide Flüssigkeiten innig gemengt sind. Die Krystallbildung selbst veranlasst eine solche Diffusion. Indem nämlich die einen Krystall berührende Schicht einer Lösung einen Theil ihres Stoffes an denselben absetzt, wird sie dadurch ärmer und ungleichartig mit der andern, daher sie neuer gesättigterer Lösung an dem Krystall Platz macht, die dann ihrerseits wieder an den Krystall abgiht, u. s. f. Die Kraft aber, womit sich der gelöste Körper an den bereits verdichteten ansetzt, wird als die grösste bezeichnet, die wir in der Natur kennen. Jeder sich bildende und wachsende Krystall könne jedes Gefäss sprengen, in dessen Substanz er eindringe. Eine dünne Schicht Mörtel an der Dirschauer Eisenbahnbrücke habe einen ganzen Pfeiler und die ungeheure Last des Gitters gehoben, etc. Demzufolge ist die Hebung der Gebirge in einer Krystallbildung tief im Innern der Erde begründet. Durch zahllose Krystalle, welche in einem anhal-

*) O. Volger: Erde und Ewigkeit. Die natürliche Geschichte der Erde als kreisender Entwicklungsgang im Gegensatze zur naturwidrigen Geologie der Revolutionen und Katastrophen. 1857. — Fr. Mohr: Geschichte der Erde. Eine Geologie auf neuer Grundlage. 1866. S. 185 f.

tenden Wachsthum begriffen sind, werden die Schichten auseinander und emporgetrieben. Während ein Gebirge auf solche Weise ungemein langsam wächst, wird es in der Höhe durch Verwitterung wieder abgetragen. Dabei zieht das Wasser gewisse Bestandtheile aus, führt sie mit sich fort und setzt sie an andern Stellen zu Graniten und anderen krystallinischen Gesteinen wieder ab. So ist der an der Oberfläche der Gebirge durch Verwitterung entstandene Grus der Stoff, aus welchem das neue Gebirge an einer andern Stelle aus der Erde emporwächst: Nimmt nun ein Gebirge mehr in der Tiefe zu als es oben abgetragen wird, so steigt es in die Höhe, wogegen es durch Verwitterung dem Boden gleich gemacht wird und verschwindet, falls es aufgehört hat in die Höhe zu steigen, weil die jene Krystallbildung bedingende Infiltration von Silicatlösungen aufhörte. Wenn aber auf der Oberfläche der Erde durch Einwirkung der Kohlensäure feste Silicatgesteine massenhaft zerstört werden, so müsse man auch annehmen, dass ein anderer gleichverbreiteter Vorgang solche Gesteine wieder herstelle. Es finde hier ein Kreislauf statt, der namentlich durch die Kohlensäure und die Kieselerde vermittelt werde. Beide Säuren können sich nämlich wechselseitig austreiben, wenn die ausgeschiedenen Theile weggeführt und von dem zersetzenden Stoffe neue zugeführt werden. Jede kieselsaure Verbindung kann zuletzt durch Kohlensäure und jede kohlensaure Verbindung durch Kieselsäure zersetzt werden. In jenem Falle verschwindet freie Kohlensäure, im andern entsteht sie. Aus der Einwirkung der Kohlensäure auf Silicate resultiren kohlensaure Erden und Metalloxyde, wasserhaltige Verbindungen von Thonerde und Kieselerde, so wie freie Kieselsäure in Lösung, die dann auf ihrem Wege wieder neue Verbindungen eingehen kann. Die Bildung der Silicate geschieht durch Infiltration von Kieselerde in kohlensaure Verbindungen, namentlich in kohlensauren Kalk. Als bedeutsam in dieser Beziehung wird hervorgehoben, dass Hugi auf seinen Alpenreisen zahlreiche Uebergänge von Kalk in Gneiss, Granit und andere Silicatgesteine wahrgenommen habe.

Nach dieser Ansicht sind also die Silicatgesteine nicht aus der Erstarrung einer heissflüssigen Masse, sondern zumeist aus einer krystallinischen Umwandlung sedimentärer Gebilde hervorgegangen. Die als sogen. Urgebirge bezeichneten Silicatgesteine waren einst Neubildungen, im Wesentlichen von derselben Art, wie unsere heutigen Neubildungen, die ihrerseits dereinst sog. Urgebirge sein wer-

den. Besonders betont die in Rede stehende Ansicht die Wirkung des Wassers, das auf die angegebene Weise fast beständig an der Zerstörung der Gebirge arbeitet. Die Verwitterung der Gesteine ist Folge des mit Kohlensäure beladenen Regenwassers (S. 38 f.). Auch die festesten Gesteine, wie die Granite, werden zerbrochen und zerbröckelt, indem das Wasser in ihre Ritze und Spalten eindringt und darin gefriert. In den Hochgebirgen geben zu diesem Werke der Zerstörung die Gletscher ihren Beitrag. Nicht minder bedeutsam ist ferner die mechanische Wirkung des Wassers, insonderheit der Bäche und Ströme, durch welche enorme Massen fester Bestandtheile weggeführt werden. Fortwährend ist das Wasser thätig einen grossen Theil des Landes auszuwaschen, oder ihm seine löslichen Bestandtheile zu entziehen. In beträchtlichem Maasse begegnet dies den salz- und kalkhaltigen Bodenschichten, so dass dadurch oft bedeutende Erdstürze und selbst Erdbeben entstehen. Ganze Länderstrecken können auf solche Weise unter das Niveau des Meeres versinken. Während so eine fortwährende Zerstörung der Erdoberfläche durch das Wasser stattfindet, arbeitet dasselbe andrerseits auch wieder stetig an deren Verjüngung. Von Bedeutung in dieser Hinsicht ist die sog. Anschüttung der Flüsse, durch welche grosse Länderstrecken über das Meeresniveau gebracht werden können. Die lombardische Ebene, Holland, Belgien z. B. sind angeschüttetes Land, und der Rhein mündete früher bei Cöln in das Meer. Ebenso gewähren der Nil und Mississippi Beispiele mächtiger Anschüttungen. Die von Flüssen und Strömen dem Meere zugeführten Erdtheilchen lagern sich aber auf dessen Grunde wieder ab und bilden neue Erdschichten, wozu sich noch die Thätigkeit jener unscheinbaren Organismen gesellt, die in den Gewässern an dem Aufbau der Erdrinde beschäftigt sind.

Tief ergriffen, wie es scheint, von dem Schauspiele kreisender Veränderungen, das sich bei genauerer Betrachtung unseres Erdkörpers auf seinen Höhen und in seinen Tiefen darbietet, sieht O. Volger im Hinblick auf die Naturgeschichte der Erde fast nur einen ewigen Kreislauf, eine ewige Wiederkehr, eine endlose Wiederholung. Die ganze Geschichte der Erde setzt sich zusammen aus ewigem Aufbau und aus ewiger Zerstörung. Die Natur stirbt ewig ab und verjüngt sich ewig; die Welt geht ewig auf und ewig unter. Unendlich! Ewig! — das sind die Worte, welche uns die Natur von

allen Seiten entgegen ruft. Schliesslich wird diesem Gedankenfluge noch ein poetischer Ausdruck verliehen.

Auch Fr. Mohr*) lässt in die ernste Betrachtung der Erde, wie er selbst sagt, eine Blume der Dichtung hineinfallen, nämlich das Gedicht „Chidher" von Fr. Rückert, worin man von dem ewigen Bildungsgange der Erde die klare Anschauung finde, welche man bei den meisten Geologen vergeblich suche. Die ganze Geologie sei nur ein Commentar zu dieser wundervollen Anschauung des Dichters**).

Eine wundervolle geologische Anschauung vermögen wir nun

*) A. a. O. S. 405.

**)

Chidher, der ewig junge, sprach:
Ich fuhr an einer Stadt vorbei;
Ein Mann im Garten Früchte brach;
Ich fragte: seit wann die Stadt hier sei?
Er sprach und pflückte die Früchte fort:
Die Stadt steht ewig an diesem Ort
Und wird so stehen ewig fort.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Weges gefahren.
Da fand ich keine Spur von der Stadt;
Ein einsamer Schäfer blies die Schalmei,
Die Heerde weidete Laub und Blatt;
Ich fragte: wie lang ist die Stadt vorbei?
Er sprach und blies auf dem Rohre fort:
Das Eine wächst, wenn das Andere dorrt;
Das ist mein ewiger Weideort.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Wegs gefahren.
Da fand ich ein Meer, das Wellen schlug,
Ein Schiffer warf die Netze frei;
Und als er ruhte vom schweren Zug,
Fragt' ich, seit wann das Meer hier sei?
Er sprach und lachte meinem Wort:
So lang als schäumen die Wellen dort,
Fischt man und fischt man in diesem Port.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Wegs gefahren.
Da fand ich einen waldigen Raum
Und einen Mann in der Siedelei,
Er fällte mit der Axt den Baum;
Ich fragte, wie alt der Wald hier sei?

in diesem schönen Gedichte nicht zu finden, wohl aber erblicken wir darin in Bezug auf die Veränderungen der Erdoberfläche eine Reihe bekannter Gedanken, die Rückert nach Art seiner Gedankenlyrik poetisch gestaltet hat. Diese Gedanken werden von allen Geologen in fast übereinstimmender Weise gehegt, mögen sie auch, was die Entstehung der Silicatgebirge betrifft, noch so weit auseinander gehen, d. h. in dieser Beziehung der neptunistischen oder plutonistischen Ansicht zugethan sein. Es ist ja ein längst bekanntes Factum, dass Wasser und zahlreiche Erdbeben fortwährend an der Veränderung der Erdoberfläche arbeiten. Manche Küstenorte versinken anhaltend in das Meer, andere steigen anhaltend daraus empor. Auch können dieselben Stellen der festen Erdoberfläche, welche während einer gewissen Zeit versinken, zu einer andern Zeit wieder einmal emporsteigen. Nicht um die Veränderungen selbst dreht sich der Streit, sondern um ihre Ursachen, vornehmlich in Anbetracht der Erdbeben und der E r h e b u n g der Gebirge. Je nach der Beschaffenheit der Ursachen, die man zur Erklärung jener Phänomene annimmt, wird die Ansicht von der Entstehung und Entwickelung unseres Erdkörpers sich so oder anders gestalten.

Nun hat die oben charakterisirte neptunistische Geologie den Gedanken eines sog. kreisenden Entwickelungsganges der Erde lieb gewonnen, indem sie zu der Annahme hinneigt, die Erde habe ohne zeitlichen Anfang von jeher aus Festem und Flüssigem, wenn schon während verschiedener Zeiträume in sehr ungleicher Vertheilung, bestanden. In allen Zeiträumen erhob sich Festes über seine flüssige Bedeckung, während anderseits Theile des vorhandenen Fest-

---

Er sprach: der Wald ist ein ewiger Hort,
Schon ewig wohn' ich an diesem Ort
Und ewig wachsen die Baume hier fort.
Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Wegs gefahren.
Da fand ich eine Stadt, und laut
Erschallte der Markt vom Volksgeschrei;
Ich fragte: Seit wann ist die Stadt erbaut?
Wohin ist Wald und Meer und Schalmei?
Sie schrieen und hörten nicht mein Wort:
So ging es ewig an diesem Ort
Und wird so gehen ewig fort.
Und aber nach fünfhundert Jahren
Will ich desselbigen Weges fahren.

landes unter das Meeresniveau hinabsanken und vom Wasser bedeckt wurden. Stets wurden Gebirge zerstört und abgetragen, während anderwärts solche aus der Tiefe langsam emporstiegen. Jede Zerstörung gab Anlass zu Neubildungen, sowie jeder Neubildung eine Zerstörung vorausging. Nur ein Kreislauf der betreffenden Stoffe, nicht aber ein Anfang desselben gibt sich zu erkennen. So wenig wir aber von einem Anfang der Erdbildung wissen, so wenig wissen wir, heisst es weiter, von einem Anfange der organischen Welt. Volger hält es für möglich, dass auch unter den Silicatgebirgen Erdschichten liegen, welche den uns bekannten gleichen und organische Reste enthalten. Auch jene Gebirge selbst dürften einst Thiere und Pflanzen umschlossen haben, deren Reste jedoch wegen der tiefen und durchgreifenden Veränderungen, welche solche Gebirge im Laufe unermesslicher Zeiträume erlitten, nicht mehr erkennbar sein könnten. Nur ein Wechsel der Lebensformen, nicht des Lebens selbst sei ersichtlich. Wohl dürfe ein fortschreitender Entwicklungsgang der Erde und ihrer Bewohner angenommen werden, aber nur für einzelne Zeiträume, nicht für das grosse Ganze. In diesem bemerke man nur einen ewigen Kreislauf!

Nun lassen die in Betracht gezogenen Veränderungen unseres Erdkörpers allerdings etwas von jenem Kreislaufe erkennen, nicht aber, oder doch nur scheinbar ein ewiges Bestehen desselben. Die behauptete Ewigkeit steht auch nicht mit den Principien der hervorgehobenen neptunistischen Ansicht im Einklange. Denn auch nach dieser Ansicht zeigen alle geschichteten Gesteinsmassen unverkennbar, dass sie schichtenweise als Bodensätze aus dem Wasser gebildet sein müssen. Sie sind also zeitlich entstanden, was ohne zeitlichen Anfang nicht gedacht werden kann. Der Begriff einer Ewigkeit ohne Anfang passt nicht auf das, wovon man bekennen muss, dass es zeitlich entstanden ist oder sich zeitlich gebildet hat. Dies gilt ebenso für die kristallinisch-massigen Gesteine oder für die Silicatgebirge, die nach der genannten Ansicht auf dem Wege einer allmäligen Krystallbildung entstanden und langsam aus dem Schosse der Erde emporgestiegen sind. Sieht man in beiden Fällen von einem Anfange hinweg, so erscheinen die Ereignisse, auf welchen die Bildung jener Gesteinsarten beruhen soll, als völlig nichtig. Die Annahme eines Anfanges ist hier schlechthin nothwendig, wenn nicht jener Kreislauf sammt dem, was darin geschieht, sich auf

Null reduciren soll. Gerade die Vorgänge, die man mit dem Namen eines Kreislaufes bezeichnet, erfordern einen Anfang, d. h. eine Ursache, deren Wirkung in Betreff des Kreislaufes zeitlich begonnen haben muss.

Man darf sich auch hier nicht auf jenen regressus in infinitum stützen, dessen wir schon oben (S. 37 f.) gedacht haben. Allerdings findet sich oft, wenn eine Wirkung auf ihre Ursache zurückgeführt wird, dass diese Ursache wieder die Wirkung einer früheren Ursache war, und so fort. Doch darf man statt des „so fort" nicht, wie es wohl zu geschehen pflegt, sagen: und so fort in unendlicher Reihe. Damit spricht man nicht ein Factum der Erfahrung aus, sondern eine voreilige Generalisation. Man hat dabei nicht in Erwägung gezogen, dass jene Reihe, als unendlich genommen, aus lauter bedingten Gliedern besteht. Jedes Glied wird gedacht als bedingt durch ein vorausgehendes. Geht dies nun rückwärts ins Unendliche, so verlieren sich alle Glieder zumal in der leeren Unendlichkeit, d. h. sie können gar nicht als wirklich gedacht werden, da jedes durch ein vorausgehendes bedingt ist, dieses aber wieder eine nie zu erschöpfende — unendlich grosse — Anzahl anderer Glieder voraussetzt, so dass hier selbst die Möglichkeit des Wirkens verschwindet. Nur unter Voraussetzung eines wirklichen Anfanges oder eines ersten Gliedes kann der gedachten Reihe von Ereignissen eine reale Existenz ohne Widerspruch zugeschrieben werden. Es kostet freilich keine Mühe, sich in einer Reihe von Ereignissen jedes folgende Glied als bedingt durch das vorausgehende vorzustellen. Leicht schleicht sich dabei jener regressus in infinitum ein, sobald man gewahrt, wie leicht jedem Gliede in Gedanken ein vorausgehendes als Bedingung sich anschmiegt, was denn zu dem voreiligen Schlusse führt: und so fort ins Unendliche. Unvollständige Inductionen gehen diesem regressus einen Schein von Wahrheit. Der darin liegende Widersinn wird übersehen, weil man es versäumt, die Unendlichkeit der Reihe im Hinblick auf den Causalbegriff scharf ins Auge zu fassen. Der dunkle Hintergrund, worin sich die Glieder mancher empirisch gegebener Reihen von Ereignissen verlieren, begünstigt natürlich auch mehr einen poetischen Erguss als Klarheit und Schärfe der Gedanken. Auf ziemlich analoge Weise wie mit dem eben besprochenen regressus in infinitum verhält es sich mit der unendlichen Theilbarkeit der Materie. Leicht kann man sich ein Stück Materie in zwei Theile

getheilt denken, jeden dieser Theile wiederum in zwei Theile u. s. f. ohne Ende. Die Einsicht, dass eine solche Theilung in infinitum mit dem Begriffe der Materie, als eines Realen nicht vereinbar ist, scheint erst in neuerer Zeit auf Grund gewisser atomistischer Betrachtungen in weitere Kreise Eingang gefunden zu haben. Mehr und mehr weicht die sogenannte dynamische Ansicht, welche eine continuirliche Raumerfüllung durch die Materie und demzufolge eine ins Unendliche gehende Theilbarkeit derselben behauptet, der atomistischen Naturansicht, wornach die Materie aus letzten, nicht weiter zerlegbaren realen Elementen oder Atomen besteht. Nur als mathematische Fiction ist die unendliche Theilbarkeit der Materie in gewisser Beziehung zulässig.

Geben wir nun in Betreff der Veränderungen, welche unsere Erde erkennen lässt, einen gewissen Kreislauf zu, so müssen wir doch an einem wirklichen Anfange desselben festhalten, mag dieser Anfang auch in einer noch so nebelhaften Ferne liegen. Einmal in Gang gekommen mag jener Kreislauf auch in alle Ewigkeit fortdauern; denn der mitunter ausgesprochene Satz: das, was einmal entstanden sei, müsse auch wieder einmal vergehen, ist, wenn er als allgemein giltig gedacht wird, sicher ein Irrthum, der wohl zuvörderst in der Wahrnehmung wurzelt, dass gar vieles, was einen Anfang hat, auch ein Ende nimmt. Möglich ist es freilich, ja sogar wahrscheinlich, dass die Erde als Glied eines grösseren Ganzen infolge der verschiedenen Systeme von Wirkungen und Gegenwirkungen, die hier ineinander greifen, endlich eine durchgreifende Aenderung ihrer dermaligen Verhältnisse erleidet. Bedeutsam ist hier namentlich die Sonne, die nach der oben (S. 22 f., 28 f.) vorgetragenen Ansicht allmälig, wennschon sehr langsam, erkalten und erstarren wird. Ist diese Ansicht richtig, so können sich Sonne und Erde natürlich nicht von Ewigkeit her in ihren dermaligen Zuständen befunden haben. Gewiss kann die Sonne nicht von Ewigkeit her eine glühend-flüssige oder gasförmige Masse gewesen sein. Zwar ist der Schluss, dass das, was vergehe, einen zeitlichen Anfang haben müsse, ebenfalls kein allgemeingiltiger. So könnten gewisse Elemente ursprünglich, d. h. ohne zeitlichen Anfang miteinander verbunden gewesen, und doch durch das Zusammentreffen mit andern Elementen einmal von einander getrennt worden sein. Die Verbindung jener Elemente wäre demnach eine vergängliche,

obwohl anfangslose. In besonderen Fällen ist aber jener Schluss ohne Zweifel richtig.

Neuerdings hat der mathematische Physiker Clausius *) vom Standpunkte der heutigen, wohl begründeten mechanischen Wärmetheorie aus darauf hingewiesen, dass der häufig ausgesprochenen Ansicht, nach welcher der ganze Zustand des Weltalls unveränderlich und im ewigen Kreislaufe begriffen sein solle, von dem zweiten Hauptsatze jener Theorie auf das bestimmteste widersprochen werde. Während an einem Orte und zu einer Zeit, meint man, Veränderungen in einem bestimmten Sinne stattfinden, gehen an andern Orten und zu andern Zeiten auch Veränderungen im entgegengesetzten Sinne vor sich, so dass dieselben Zustände immer wiederkehren, und im Grossen und Ganzen der Zustand der Welt unverändert bleibe. Unter Berücksichtigung des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie gilt aber für alle unendlich mannigfaltigen in der Welt vor sich gehenden Veränderungen die gemeinsame Regel, dass die dem Sinne nach entgegengesetzten Verwandlungen nicht in gleicher Menge vorzukommen brauchen, dass aber der Unterschied immer nur in einem bestimmten Sinne stattfinden kann, nämlich so, dass die positiven Verwandlungen über die negativen überwiegen. Demzufolge muss sich der Zustand der Welt allmälig mehr und mehr in einem gewissen Sinne ändern. Die lebendige Kraft nämlich, welche in den vorhandenen Bewegungen der Weltkörper gegeben ist, wird sich allmälig mehr und mehr in Wärme verwandeln. Die Wärme selbst sucht stets von wärmeren zu kälteren Körpern überzugehen und dadurch die vorhandenen Temperaturdifferenzen auszugleichen; sie wird daher allmälig zu einer immer gleichmässigeren Vertheilung gelangen, wie denn auch zwischen der im Aether vorhandenen strahlenden Wärme und der Wärme, welche sich in den Körpern befindet, ein gewisses Gleichgewicht eintreten muss. Endlich wird sich die Welt einem gewissen Grenzzustande nähern und dabei die Veranlassung zu weiteren Veränderungen abnehmen. Wenn dieser Zustand endlich ganz erreicht wäre, so würden auch keine weiteren Veränderungen mehr vorkommen: die Welt würde sich in einem todten Beharrungszustande befinden. Nach Clausius haben wir es hier mit einem

*) Ueber den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. Ein Vortrag. 1867.

Naturgesetze zu thun, aus dem sich mit Sicherheit schliessen lasse, dass in der Welt nicht alles Kreislauf ist, sondern dass sie ihren Zustand fort und fort in einem gewissen Sinne ändert und so einem Grenzzustande zustrebt.

Es ist hervorgehoben, dass die Silicatgesteine nach neptunistischer Ansicht zumeist aus einer krystallinischen Umwandlung sedimentärer Gebilde entstanden sind. Jene Gesteine selbst liefern in Folge ihrer Zerstörung wieder Material zu neuen sedimentären Formationen und nach jener Ansicht zugleich auch die Mittel zur Entstehung neuer Silicatgesteine. Unzulässig würde hier aber die Annahme sein, dass alle Silicatgesteine von jeher aus einer Umwandlung sedimentärer Gebilde, und umgekehrt alle sedimentären Formationen von jeher aus einer Zerstörung von Silicatgesteinen hervorgegangen seien. Diese Annahme würde beide Gesteinsarten in ein solches Abhängigkeitsverhältniss zu einander bringen, dass beide in Rücksicht ihrer Entstehung sich gegenseitig zugleich voraussetzen, so dass keine vor der andern existiren und daher auch keine aus der andern irgendwie entstehen konnte. Die widersinnigen Consequenzen einer solchen Annahme, die sich leicht generalisiren und mit dem Gedanken eines ewigen Kreislaufes aller Dinge in Beziehung setzen lässt, zeigen mit Bestimmtheit auf einen wirklichen Anfang der Erdbildung hin. Freilich liegt jene Annahme nicht geradezu im Sinne der neptunistischen Ansicht, obschon manche Anhänger derselben viel von einem ewigen Kreislaufe der Dinge zu reden pflegen. Auch findet ja Mohr in Betreff des Feldspathes, eines nie fehlenden Bestandtheiles aller Silicatgebirge, zwei Wege seines Entstehens in der Natur angedeutet. Auf dem einen Wege entstand er in Folge einer Metamorphose von vorhergegangenem kohlensaurem Kalk durch Infiltration von Silicatlösungen, auf dem andern Wege durch vollständige Absetzung seiner Bestandtheile aus einer wässerigen Lösung, wornach also der Kalk zur Bildung der Silicatgesteine nicht in allen Fällen unumgänglich nöthig erscheint. Da überdies kaum einzusehen, wie der kohlensaure Kalk in so ungeheure Tiefen kommen könne, als man für die Anfänge der Granite anzunehmen habe, so müssten auch die Feldspathbildungen ohne Mitwirkung von kohlensaurem Kalke stattfinden können.

Sind nun die sämmtlichen Gesteinsarten, aus welchen die feste Erdkruste besteht, auf eine gewisse Weise entstanden, so hatten sicherlich auch die betreffenden Bildungsvorgänge und mit

ihnen die Erdkruste selbst einen zeitlichen Anfang. Dies wird auch die neuere neptunistische Geologie zugeben müssen, da all' die Bildungsprocesse, auf welche sie zurückgeht, nur unter Voraussetzung eines zeitlichen Anfanges Sinn und Bedeutung haben, und dieselbe auch nur unter dieser Voraussetzung von einer Geschichte der Erde reden oder wohl gar als eine solche sich hinstellen kann; sie würde sich selber aufgeben, wenn sie einen zeitlichen Anfang jener Processe gänzlich leugnen wollte. Wenn diese Geologie als ein allgemeines Resultat ihrer Untersuchungen den Satz ausspricht *), dass alle Gesteine der Erde noch auf der heutigen Erde in Bildung begriffen seien, so können wir dem ohne Bedenken beipflichten, nicht aber so dem andern Satze **), dass alle Gesteine zu allen Zeiten gleichzeitig immer vorhanden und in Bildung begriffen waren, wenn nämlich unter dem „zu allen Zeiten" und „immer" die Ewigkeit im strengen Sinne verstanden wird; denn in diesem Falle würden alle jene Ungereimtheiten, die wir oben bemerklich gemacht haben, wiederum zu Tage treten. Der in Rede stehende Satz ist eine voreilige Generalisation, nicht das Resultat einer strengen Induction auf Grund der gegebenen Thatsachen. Wohl war es ein Irrthum der älteren Geologie, wenn sie für jede Formation eine besondere Zeit annahm und die Wiederkehr der einzelnen Bildungen grossentheils leugnete; ebenso irrthümlich dürfte aber auch die entgegenstehende extreme Behauptung sein, dass alle Formationen zu allen Zeiten immer gleichzeitig vorhanden gewesen. Wenig wäre einzuwenden, wenn nur gesagt würde, die Naturforschung vermöge über den eigentlichen Ursprung des Weltalls und der Erde wenig oder gar nichts Sicheres zu lehren; allein daraus, dass alle Gesteine der Erde heut zu Tage gleichzeitig in Bildung begriffen sind, was wir einmal als festgestellt annehmen wollen, folgt keineswegs, dass es immer so gewesen und die Erde in ihren heutigen Formen ohne Anfang bestehe.

Es ist nicht ohne Interesse wahrzunehmen, dass manche Geologen, die nicht auf dem bezeichneten neptunistischen Standpunkte stehen, doch ohne Bedenken jenen regressus in infinitum zulassen. So erklärt B. Cotta ***), der allem Anscheine nach die Ueberzeu-

*) Mohr, Geologie S. 459.

**) Ebenda.

***) Geologie der Gegenwart. S. 220.

gung hegt, dass unsere Erde sich von einem gewissen Anfangszustande aus nach bestimmten Gesetzen zeitlich gebildet hat, die Entwickelungsreihe der Materie für eine absolut unendliche; daher es unmöglich bleibe, einen wirklichen Anfang der Dinge zu erkennen, oder auch nur zu denken. Man müsse irgendwo willkürlich in die unendliche Reihe der Vorgänge eingreifen, um sie von da an bis heute zu verfolgen. Dagegen ist wiederum zu bemerken, dass es zwar allerdings sehr schwierig, vielleicht auch unmöglich ist und bleibt, den wirklichen Anfang der uns gegebenen Welt sicher zu erkennen, dass aber gleichwohl ein wirklicher Anfang vorausgesetzt werden muss, wenn der Begriff einer Entwickelungsreihe überhaupt denkbar und nicht wegen seiner inneren Widersprüche zu einem absolut nichtigen werden soll.

Indessen hegt wohl weder O. Volger noch Fr. Mohr im vollen Ernste die Meinung, dass der Erdkörper so, wie er dermalen beschaffen ist, im Wesentlichen von Ewigkeit her existire. Volger scheint sogar die Kant-Laplace'sche Ansicht von der Entstehung des Sonnensystems anzuerkennen, was freilich, wie man bereits anderweit bemerkt hat, mit seinen geologischen Anschauungen nicht sonderlich harmonirt. Auch wird von ihm schliesslich eine Entstehung der organischen Arten festgehalten *), „denn hätten die Organismen keinen Anfang, so würden sie auch kein Ende haben können, und doch sehen wir, dass Arten aussterben."

Klar und bestimmt wurde der Gedanke eines ewigen Bestehens der Erde und ihrer Bewohner von H. Czolbe *) ausgesprochen. Seiner Ansicht nach gibt es wohl eine Geschichte der Erde; doch versteht er darunter nur die bekannte Reihenfolge ihrer heute wahrnehmbaren Veränderungen und des Ausgestorbenseins eines Theiles ihrer Organismen. „Wie in der sonst anfangslosen Völkergeschichte (abgesehen von der Sage) die ersten bekannten historischen Thatsachen einen relativen Anfang bilden, so in der Erdgeschichte die Urformationen: Gneiss und Schiefer. Da dieselben aber als metamorphosirte Neubildungen anzusehen, die vor

*) Erde und Ewigkeit etc. S. 530. — Bericht über die Versammlung der Naturforscher zu Stettin. 1863. S. 59 ff.

**) Die Grenzen und der Ursprung der menschlichen Erkenntniss etc. 1865. S. 129 ff.; S. 139 f. — Vgl. auch desselben Verf. Neue Darstellung des Sensualismus 1855.

ihnen gewesenen Urformationen aber wahrscheinlich wieder wirkliche Neubildungen geworden sind, so folgt aus der unzweifelhaften Erdgeschichte offenbar in keiner Weise eine Erdentstehung." „Ueberall, wo jetzt Wasser ist, heisst es zuvor, war früher Land, und umgekehrt. Das Quantum des Wassers auf der Erde war im Allgemeinen immer dasselbe. Alles Land ist unter Wasser gewesen, aber nicht alles zu gleicher Zeit, wie alle unterhalb der Sedimente entstandenen Gesteine wahrscheinlich in geschmolzenem Zustande, aber zu verschiedenen Zeiten. Durch die verschiedene Vertheilung von Wasser und Festland aber ist der Wechsel des Klimas auf der Erde, so dass z. B. zu Zeiten die grösste Wärme und Luftfeuchtigkeit stattfand und theils Ueppigkeit, theils Aehnlichkeit in der Verbreitung der Pflanzen- und Thierwelt bewirkte, erklärlich."

Hier haben wir also den oben charakterisirten ewigen Kreislauf, den wir als unzulässig erkannten. Zugegeben wird zwar, dass beide Gesteinsarten, die krystallinischen und sedimentären, zeitlich entstanden; allein ihr Entstehen und Vergehen soll zu allen Zeiten, von Ewigkeit her, stattgefunden haben, indem von jeher aus sedimentären Gesteinen zufolge einer Metamorphose krystallinische und aus Silicatgebirgen unter Einwirkung des Wassers wiederum Sedimente entstanden. Damit sind aber beide Gesteinsarten, wie wir bereits bemerkten, in eine solche Beziehung zu einander gesetzt, dass jede in Rücksicht ihrer Entstehung die andere voraussetzt und die Existenz beider schlechthin unbegreiflich ist. Sodann lässt sich doch, wie ebenfalls schon hervorgehoben wurde, eine allmälige Entwickelung der starren Erdrinde gar nicht leugnen, da die sedimentären Gesteine, aus welchen sie besteht, offenbar zeitlich entstanden sind. Ohne Zweifel hat die Erdrinde im Laufe langer Zeiträume durch die Ablagerung jener Formationen einen beträchtlichen Zuwachs an Dicke erlangt; sie selbst ist also insofern zeitlich entstanden, was ohne zeitlichen Anfang wiederum nicht gedacht werden kann. Gleiches gilt in Betreff der Silicatgebirge, welche die Erdkruste durchsetzen und umgestaltend auf die Lagerung der sedimentären Formationen einwirkten. Jedenfalls sind dieselben aus einer Tiefe emporgedrungen, die weit über die erfahrungsmässig erreichte hinabgeht, woraus zu entnehmen ist, dass Vorgänge tief im Erdinnern mit gewissen Vorgängen an der Erdoberfläche in causalem Zusammenhange stehen.

Czolbe vermag der neueren neptunistischen Geologie nicht

ungetheilten Beifall zu schenken. Die neptunistische Richtung scheint ihm von Manchen, die ein heissflüssiges Erdinnere gänzlich leugnen, ebenso übertrieben zu werden, wie früher der Vulkanismus. Czolbe *) hält ein heissflüssiges Innere der Erde für wahrscheinlich, glaubt aber nicht, dass die ganze Erde einstmals glühend flüssig war. Dabei denkt er im Gegensatze zu der heut zu Tage darüber herrschenden Ansicht an ein wirkliches Centralfeuer, d. h. an eine Verbrennung im Innern der Erde, welches daher von Sauerstoff durchdrungen sein müsse. Der verbrauchte Sauerstoff soll von Seiten der Atmosphäre — nach Art der von Pettenkofer erwiesenen Ventilation durch starke Mauerwände — ersetzt werden. „Während nun das glühende Erdinnere sich local: theils durch die Vulkane abkühlt, theils durch Erstarrung der plutonischen Massen (namentlich der Granite), welche die Sedimente durchbrechend und überlagernd Gebirge bilden, treten eben hierdurch die Sedimente dem glühenden Erdinnern an einzelnen Stellen immer näher, so dass zunächst ihre Petrefakten zerstört werden (im Gneiss und Schiefer) und sie dann, in den glühend flüssigen Erdkern hinabgedrückt, Nahrung oder Brennmaterial für das ewige Feuer bilden. Ein solches Brennmaterial ist neben dem Sauerstoff offenbar nothwendig. Während aus den plutonischen Gebirgen durch die in's Meer herabströmenden Flüsse Sedimente entstehen, entstehen in demselben Maasse n der geschilderten Weise aus den Sedimenten vulkanische und plutonische Gebilde, und findet so ein Kreislauf und Gleichgewicht in der ewig bewegten Erde statt. Das Erdinnere kühlt sich fortwährend ab, die Erdrinde schmilzt auch fortdauernd: beides geschieht aber nur local und meist unbemerkbar. Der gelinden Wärme der Erdoberfläche hält endlich die Sonnenwärme das Gleichgewicht."

Abgesehen von dem ewigen Kreislaufe, der bereits in Erwägung gezogen wurde, ist die Annahme eines Verbrennungsprocesses im Innern der Erde nicht zulässig. Die bezeichneten Sedimente können nicht als Brennmaterial dienen, da dieselben, wie man weiss, aus schon oxydirten Stoffen bestehen. Dieselben bedürfen zu ihrem Schmelzen Hitze, können diese aber nicht erzeugen. Auch müssten im Falle eines Verbrennungsprocesses im Innern der Erde grosse Mengen unverbundenen Stickstoffes, nament-

*) A. a. O. S. 134 f.

lich aus den Kratern der Vulkane, hervorströmen, was doch nicht der Fall ist. Das locale Verbrennen von Torf- und Steinkohlenlagern kann hier nicht in Betracht kommen. Allerdings wird die atmosphärische Luft (Sauer- und Stickstoff) überall in die Risse, Spalten und sonstigen Zwischenräume des Erdreiches eindringen, aber sie kann nicht zu den centralen Theilen des Erdkörpers gelangen. Wäre die Luft allenthalben auch im Innern der Erde verbreitet und stände sie hier unter dem Drucke der äusseren Atmosphäre, so müsste sie nach dem Mittelpunkte des Erdkörpers hin immer dichter werden und dem Mariotte'schen Gesetze zufolge bereits in einer Tiefe von 10 Meilen so dicht wie Quecksilber sein, also ihre Dichte die mittlere der Erde beträchtlich übersteigen, woraus allein schon das Vorhandensein einer den ganzen Erdkörper durchdringenden Atmosphäre sich als sehr unwahrscheinlich ergibt *). Ist man nun genöthigt, einen heissflüssigen Zustand des Erdinnern anzunehmen, so kann man die Wärme, welche diesen Zustand bedingt, kaum anders denn als Rest einer ehemals sehr hohen Temperatur des ganzen Erdkörpers auffassen, bei welcher der letztere selbst heissflüssig war. Diese Annahme wird namentlich dann nicht zu umgehen sein, wenn es sich als sicher herausstellen sollte, dass die Silicatgesteine zumeist durch Erstarrung aus einem heissflüssigen Zustande hervorgegangen sind.

Vergleicht man nun beide geologische Grundansichten, die plutonistische und neptunistische, miteinander, so ist nicht zu verkennen, dass die erstere dermalen noch viel eher als die andere von der Entstehung und allmäligen Entwickelung der Erde eine Art in sich zusammenhängender, abgerundeter Geschichte darbietet, und zwar im Anschlusse an die Kant-Laplace'sche Theorie über die Entstehung des Sonnensystems. Freilich finden sich in den älteren plutonistischen Darstellungen mancherlei Phantasiestücke, von denen jedoch die heutige plutonistische Geologie grösstentheils gereinigt ist. Freilich versuchte man eine Erklärung der ganzen Erde und des Zusammenhanges ihrer Erscheinungen, noch ehe man die Entstehungsart der einzelnen Gebilde erforscht hatte und kannte, und stellte Theorien der Nacheinanderfolge der Gesteine auf, ehe

*) Inzwischen hat Czolbe, wie wir neuerdings vernommen, die obige Ansicht von einem Centralfeuer als unzulässig erkannt.

man sich über die einzelnen Rechenschaft gegeben hatte *). Doch trifft dieser Vorwurf nicht allein die plutonistische, sondern auch die ältere neptunistische Geologie, wie denn auch die Erklärungen, welche die neueren Neptunisten von der Bildung der verschiedenen Silicatgesteine gegeben. noch keineswegs über allen Zweifel erhaben sind.

Wir wollen nun beide geologische Ansichten in ihrem Gegensatze zu einander noch etwas schärfer ins Auge fassen, und zu diesem Behufe mit einer Hervorhebung der plutonistischen Ansicht nach ihren Hauptpunkten beginnen. Im Laufe dieser Betrachtungen wird sich Gelegenheit bieten, noch auf verschiedene erfahrungsmässig erkannte Verhältnisse hinzuweisen, die von mannigfachen Veränderungen des Erdkörpers und seiner Oberfläche Zeugniss ablegen, und zwar u. a. auch von solchen, die eine zeitliche Entstehung und Entwickelung desselben bekunden.

Die plutonistische Ansicht statuirt also einen ehemals heissflüssigen Zustand des Erdkörpers, dessen Inneres sich auch jetzo noch von einer gewissen Tiefe an in einem solchen Zustande befinde. Die Gründe für diese Annahme sieht sie darin, dass die Wärme im Innern der Erde, wie sich aus zahlreichen Beobachtungen ergeben hat, um so mehr zunimmt, je tiefer man in dieselbe eindringt, sodann in den weit verbreiteten vulkanischen Erscheinungen, und zum Theil auch in den aus beträchtlicher Tiefe aufsteigenden heissen Quellen, ferner in den Lagerungsverhältnissen der Silicatgesteine, sowie in dem Vorkommen fossiler Thiere und Pflanzen, die auf eine ehemalige höhere Temperatur auch in solchen Gegenden hinweisen, die jetzt der gemässigten und kalten Zone angehören, und endlich in der Gestalt des Erdkörpers, als eines elliptischen Rotationssphäroids, welche Gestalt aus der Rotation jenes Körpers um einen seiner Durchmesser resultiren müsste, wenn derselbe anfänglich eine flüssige Kugel war. Gibt man nun einen ehemals heiss-flüssigen Zustand unserer Erde zu, so muss man es auch für möglich, ja sogar für wahrscheinlich halten, dass diesem Zustande ein gasförmiger vorausging, wie ja auch der grösste Theil der Sonnenmasse wahrscheinlicher Weise noch jetzt von gasförmiger Beschaffenheit ist. Diese Beschaffenheit dürfte als ehemaliger Zustand des Erdkörpers um so eher anzunehmen sein, als

*) Mohr, a. a. O. S. 459.

man einen gemeinsamen Ursprung der Planeten nach der Kant-Laplace'schen Ansicht wahrscheinlich findet.

Durch allmälige Wärmeabnahme wurden nun in dem Gassphäroide, als welches wir uns die Erde zuvörderst vorzustellen haben, gewisse chemische Grundstoffe oder Verbindungen derselben tropfbarflüssig; sie bildeten um den Schwerpunkt des Sphäroids einen heissflüssigen, von einer gasförmigen Hülle umgebenen Kern, der sich allmälig mehr und mehr vergrösserte, indem er in Folge fortgesetzter Abkühlung neue Stoffe aus jener Hülle in sich aufnahm. Wahrscheinlich waren es die schwersten und sehr strengflüssigen Metalle, die bei geringer Affinität zu andern Stoffen zuerst aus der gasförmigen Mischung ausschieden, während diejenigen metallischen Elemente, welche eine grössere Verwandtschaft zum Sauerstoffe haben, sich mit demselben vereinigten. Zu diesen Verbindungen gehören namentlich Kali, Natron, Kalkerde, Talkerde, Thonerde und Kieselerde. Da die meisten dieser Stoffe sehr strengflüssiger Art sind, so ist es möglich, dass sie alsbald nach ihrem Entstehen sich in tropfbarer Form um den bereits vorhandenen Erdkern ablagerten. Neben dem Sauerstoff, der in überwiegender Menge vorhanden war und noch ist, ging wohl auch der Schwefel mit verschiedenen Metallen mancherlei Verbindungen ein, die sich ebenfalls, schon ihrer beträchtlichen Schwere wegen, dem dichteren Erdkern frühzeitig anschliessen mochten. Die oben genannten Verbindungen konnten aber nicht miteinander in Berührung bleiben, ohne neue Verbindungen einzugehen, in welchen die Kieselerde die Rolle einer Säure spielte. Es entstanden demnach gewisse kieselsaure Salze, die man Silicate nennt, und Gemenge derselben. Sobald nun die Temperatur durch fortgesetzte Ausstrahlung des Erdkörpers unter den Schmelzpunkt der Silicate herabgesunken war, bildeten diese, indem sie langsam erstarrten, eine Rinde um den glühenden und flüssigen Erdkern. Der Erstarrungsprocess der Silicate konnte sicher nur sehr allmälig erfolgen, musste aber in den äusseren Schichten früher als in den innern eintreten. Die Silicate sind schlechte Wärmeleiter; daher sie die von dem glühenden Erdkern ausgehende Wärme nur langsam durchliessen, was denn wieder eine schnellere Erkaltung der umgebenden Atmosphäre bedingte, wogegen aus demselben Grunde das Erdinnere sich auf einer höheren Temperatur erhielt. Im Allgemeinen musste aber die Ab-

kühlung der Erde nach einem bekannten physikalischen Gesetze mit abnehmender Temperatur immer langsamer fortschreiten.

Die zuerst gebildete starre Kruste konnte indess über dem flüssigen Erdkern nicht als ein zusammenhängendes Ganze bestehen, da durch die Wirkung der Sonne und des Mondes, die schmelzflüssige innere Erdmasse sowohl als die äussere Atmosphäre auanaloge Weise wie das jetzige Meer fluthen und ebben musste. Hierdurch wurde jene Kruste zerrissen. Die einzelnen Stücke schwammen als Schollen umher und setzten sich mehr oder minder unregelmässig wieder zusammen, um abermals zerrissen zu werden, bis endlich die schwimmenden starren Massen an Umfang und Dicke so anwuchsen, dass sie eine zusammenhängende Decke über den ganzen Erdkern bildeten. Die Atmosphäre enthielt aber vorerst noch alles Wasser gasförmig in sich, und neben Sauer- und Stickstoff eine sehr grosse Menge von Kohlensäure, so wie auch Dämpfe verschiedener anderer Stoffe, die unter ihrem eigenen Drucke und vermöge fortgesetzter Abkühlung allmälig in die tropfbarflüssige Form übergingen. Auch musste der Wasserdampf, nachdem die Temperatur der äusseren Erdrinde bis zu einem gewissen Grade gefallen war, sich grösstentheils tropfbarflüssig niederschlagen und die Erdrinde mit einer Wasserschicht bedecken, worin nun gleichfalls die Erscheinung der Ebbe und Fluth hervortrat. Mit der Bildung dieses Urmeeres war zugleich eine Reinigung der Atmosphäre verbunden, indem der condensirte Wasserdampf verschiedene in Wasser lösliche Stoffe so weit als thunlich in sich aufnahm.

Das Meerwasser löste nun einen grossen Theil der äusseren Erdrinde wieder auf, wozu es damals wegen seiner höheren Temperatur und der in ihm enthaltenen Säuren sehr geeignet war. Dabei wirkte es auch auf mechanische Weise zerstörend und fortführend: theils bei seinem Herabfliessen von den bereits vorhandenen Erhöhungen zu den niederen Gegenden, theils in der Form von Meereswogen durch sein Anschlagen an das Starre. Die in der Höhe von den starren Massen losgerissenen Theile wurden von dem Wasser in die Tiefe geführt, wo sie sich ablagerten und Schichten bildeten. Zwischen Verdunstung und Niederschlag des Wassers bestand ein fortwährender Wechsel. Die einzelnen aus dem Wasser inselartig hervorragenden Theile der festen Rinde bedingten locale Temperaturdifferenzen, welche Luftströmungen und mit diesen wässerige Niederschläge zur Folge hatten. Doch konnte schon geraume

Zeit vorher, als noch der grösste Theil des Wassers gasförmig existirte, durch die in der Atmosphäre befindlichen Wasserdünste und Kohlensäure eine Verwitterung der festen Erdkruste bewirkt werden. Die Zersetzungsproducte wurden dann später theils auf chemischem, theils auf mechanischem Wege von den Gewässern fortgeführt und zu sedimentären Formationen verwendet, indem sich das fein Zertheilte von dem Gröberen, das Auflösliche von dem Unauflöslichen trennte, und das mechanisch im Wasser Schwebende, wie auch das darin Gelöste sich aus demselben wieder absetzte.

Die der Atmosphäre zugekehrte, zum Theil mit Wasser bedeckte Seite der Erdrinde kühlte sich schneller ab als die dem heissflüssigen Erdinnern zugewendete Seite. Diese ungleiche Abkühlung hatte eine ungleiche Zusammenziehung der Erdrinde und demgemäss in der letzteren Risse und Spalten zur Folge, durch welche die comprimirte schmelzflüssige Innenmasse zum Theil einen Ausweg fand. So entstanden neue Berge, die mit Senkungen an andern Stellen verbunden waren. Diese Reaction des Innern gegen das Aeussere dauerte fort und hat auch jetzt noch nicht aufgehört, wie sich aus den Erscheinungen der Erdbeben und Vulkane entnehmen lässt. Doch wurde die Reaction mit zunehmender Dicke der Erdrinde eine mehr locale. Die Beschaffenheit der aus dem Innern empordringenden und allmälig erstarrenden Massen musste aber je nach der Zeit ihrer Erhebung verschieden ausfallen. Anfänglich traten dieselben unter dem Drucke einer heissen und dichteren Atmosphäre und ohne Einwirkung tropfbarflüssigen Wassers, später unter dem Einflusse desselben hervor, nachdem auch die Atmosphäre dünner und kühler geworden war. Dazu gesellten sich noch Unterschiede der grösseren oder geringeren Tiefe, aus welcher die aufsteigenden Massen kamen, sowie des stärkeren oder schwächeren Druckes, dem dieselben von Seiten anderer aufgelagerter Massen ausgesetzt waren. Alle diese Umstände konnten nicht ohne Bedeutung bleiben in Hinsicht auf die schnellere oder langsamere Abkühlung der im heissflüssigen Zustande emporgedrungenen Massen, aus deren Erstarrung die verschiedenen Eruptivgesteine — die vulkanischen und plutonischen Gesteinsarten — hervorgingen.

Nachdem die Temperatur der Atmosphäre und Erdoberfläche sich unter den Gerinnungspunkt des Eiweisses, eines für das Be-

steben des Pflanzen- und Thierreiches bedeutsamen Stoffes, erniedrigt hatte, war auch organisches Leben seinen äusseren Bedingungen nach möglich. Dasselbe trat zunächst in seinen niedrigsten Formen (von Wasserpflanzen und Wasserthieren) auf und betheiligte sich ebenfalls an dem weiteren Aufbau der Erdrinde: von Seiten der Pflanzen durch Absatz von Kohlenstoff in Folge einer Zerlegung der Kohlensäure, von Seiten gewisser Thiere durch Absatz von kohlensaurem Kalk. Die fossilen Ueberreste der Organismen in den sedimentären Formationen bekunden aber eine zunehmende Mannigfaltigkeit und höhere Entwickelung der organischen Welt, ein allmäliges Aufsteigen zu den jetzt vorhandenen Lebensformen. Während der ersten Entwickelungsperiode des organischen Lebens herrschte noch überall auf der Erdoberfläche eine sehr hohe Temperatur, so dass im Vergleich dazu die Verschiedenheit in der Einwirkung der Sonnenstrahlen, je nach der Stellung des Erdkörpers zur Sonne, noch sehr geringfügig war. Klimatische Unterschiede in Ansehung der verschiedenen Erdbreiten existirten noch nicht, oder doch nur in sehr geringem Maasse. Endlich mussten aber in Folge fortschreitender Abkühlung auf der Erdoberfläche klimatische Zonenunterschiede hervortreten, von der Art, wie sie durch das Stellungsverhältniss der Erde zur Sonne bedingt sind, wo denn in den polwärts gelegenen Gegenden beider Erdhälften auch allmälig grössere Eismassen entstehen konnten. Die Sonne war nun die vornehmste Wärmequelle für die Erdoberfläche und Atmosphäre. Ausgedehntere partielle Hebungen und Senkungen der Erdrinde fanden aber gewiss auch damals noch statt, und demzufolge auch Aenderungen der Temperaturverhältnisse auf der Erdoberfläche. Die klimatischen Verhältnisse, wie sie jetzo bestehen, stellten sich wohl nur sehr allmälig heraus, indem zuvörderst noch Epochen höherer und niederer Temperatur in mehrfachem Wechsel aufeinander folgten, da die nacheinander erfolgenden Hebungen und Senkungen fester Massen und die damit verknüpften Aenderungen in der Vertheilung des Festen und Flüssigen bedeutende Temperaturschwankungen auf der Erdoberfläche herbeiführen mussten.

Aus verschiedenen Thatsachen hat sich nun auch ergeben, dass auf der nördlichen Halbkugel dem jetzt bestehenden relativ milden Klima der gemässigten Zone eine Eiszeit vorausgegangen ist. Man hat dies namentlich aus Erscheinungen entnommen, welche die Existenz ehemaliger Gletscher betreffen. Bekanntlich werden

durch die Gletscher aus höheren Gebirgsgegenden Felsblöcke und Gebirgsschutt tiefer herabgeführt, wobei wallartige Erhöhungen (Schuttwälle: Moränen oder Gandecken) entstehen. Nun hat man in den Alpen solche Schuttwälle in beträchtlichen Entfernungen von dem jetzigen Gebiete der Gletscher angetroffen und daraus geschlossen, dass die Ausdehnung der Gletscher in einer früheren Epoche der Erdbildung eine ungemein grosse gewesen sein müsse. Auch in Gebirgsgegenden, die dermalen gar keine Gletscher darbieten, hat man sichere Spuren dieser Eisgebilde wahrgenommen. Ausser jenen Schuttwällen deuten auf die ehemalige Existenz von Gletschern noch andere Merkmale hin, die als eine Wirkung der Bewegung derartiger Eismassen auf ihre Unterlage anzusehen sind. Alle beweglichen Theilchen unter denselben werden nämlich zermalmt oder zerrieben und abgeschliffen, was also eine Glättung der felsigen Oberfläche zur Folge hat. Häufig beobachtet man an den sog. Schliffflächen Ritze und Furchen, welche ihre Richtung gewöhnlich in der Längenausdehnung des Gletschers haben. Vornehmlich sieht man aber eine Bestätigung der in Rede stehenden Eiszeit in der Erscheinung der erratischen (oder Findlings-) Blöcke, wie man dergleichen am nördlichen und südlichen Abhange der Alpen, in besonders grossartiger Weise aber im nördlichen Europa und Amerika findet. Diese Blöcke sind Felstrümmer, fremd den benachbarten Gebirgsarten, so dass sie gewiss aus weiter Ferne in ihre jetzige Lagerstätte gekommen sind, und zwar allem Anscheine nach theils nach Art jener Schuttwälle durch Gletscher, die sich thalabwärts bewegten, theils in Folge von Fluthen oder Meeresströmungen auf einer Unterlage von Treibeis. Die erratischen Blöcke, die man im Alpengebiete gefunden, müssen ihrer mineralogischen Zusammensetzung nach aus den höher gelegenen Thälern herabgekommen sein, und dies könne, wie man fast allgemein annimmt, nur durch Gletscher stattgefunden haben. Die Alpen waren nach Agassiz in früherer Zeit ein grossartiges Eismeer, das nur die höchsten Gebirgsspitzen hervorragen liess, und das grosse Eisströme nach den schweizerischen und italienischen Ebenen hinabsandte. Gletscher befanden sich in den jetzt bewohnten Thälern, und die Alpen selbst mögen damals ein Aussehen gewährt haben, wie es gegenwärtig Spitzbergen bietet. Die Gletscher der Montblanckette und der wallisischen Alpen führten ihre Steine gegen den waadtländischen und neuenburger Jura, die Berneroberländer führten sie in den bernischen Jura, die der kleineren Cantone in

das Gebiet von Aarau und Zürich *). Noch viel grossartiger aber mag dazumal die Ausdehnung der Eisregionen Scandinaviens gewesen sein, da Blöcke aus seinen Gebirgen nicht nur die Halbinsel selbst bedecken, sondern auch zahlreich in Norddeutschland und Finnland sich zeigen. Man vermuthet, dass die dermalige Ostsee der Ueberrest eines grossen Meeres ist, welches jene Länder bedeckte, und die von den scandinavischen Gletschern abgelösten Eisberge, von denen wohl viele mit Steinblöcken beladen sein mochten, nach verschiedenen Seiten fortführte. Diese Blöcke fielen nach dem Schmelzen ihrer eisigen Unterlage nieder und traten denn später nach dem Ablaufe des Meeres zu Tage.

Hervorzuheben ist noch, dass man in Betreff der Eiszeit verschiedene Perioden unterschieden hat, die sich auf ein wiederholtes Vorschreiten und einen wiederholten Rückzug der Eismassen beziehen. Beides hing mit wechselnden Senkungen und Hebungen fester Massen und demgemäss mit Veränderungen des Verhältnisses zwischen Land und Wasser zusammen. So waren England und Irland vor der Eiszeit mit dem Continente verbunden. Es erfolgte aber eine bedeutende Senkung, so dass Grossbritannien von Wasser bedeckt wurde und nur noch eine grosse Menge kleiner Inseln im Süden und Westen von England, von den schottischen Gebirgen und von Irland hervorragte. Die Gletscher erreichten jetzt eine enorme Ausdehnung bis in's Meer hinab, dem eine grosse Menge erratischer Blöcke zugeführt wurde. Weiterhin erfolgte eine Hebung, welche das Land über das in heutiger Zeit sich darbietende Niveau emporrückte und die Verbindung mit dem Festlande erneuerte. Die Ausdehnung der Gletscher verringerte sich nun bedeutend. Die nordische Flora der vorigen Periode verschwand, während vom Continente herüber eine neue (die deutsche) einwanderte. In Folge einer abermaligen, jedoch relativ unbeträchtlichen Senkung erhielt endlich das Land seine dermalige Gestaltung.

Waltete nun in einer früheren Zeit, wo die von dem Stellungsverhältnisse der Erde zur Sonne abhängigen Klimazonen im

*) Neuere, von der Schweizer. naturf. Gesellschaft angeregte, Untersuchungen haben für die Schweiz mit Evidenz ergeben, dass daselbst in früherer Zeit die Gletscher eine ungemeine Ausdehnung hatten. Es ist dadurch die zuerst von Venetz vertretene Ansicht über die Gletscher der Schweiz im Wesentlichen bestätigt worden.

Allgemeinen schon existirten und die Erdoberfläche also nicht mehr einem bedeutenden Einflusse von Seiten der innern Erdwärme ausgesetzt war, noch eine Bedeckung mit Wasser auf der nördlichen Hemisphäre vor, so konnte hier die Eisbildung eine ungemeine Ausdehnung gewinnen. Weiterhin musste aber, wenn sich feste Massen nacheinander aus ihrer flüssigen Bedeckung erhoben, die geänderte Vertheilung des Festen und Flüssigen auch eine wesentliche Aenderung der Temperaturverhältnisse an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre zur Folge haben. Im Allgemeinen musste sich bei jeder Vermehrung des festen Areals die Temperatur der Erdoberfläche erhöhen*), also auf jene Eiszeit allmälig eine mildere folgen. Während jener Zeit eignete der nördlichen Hemisphäre wegen der überwiegenden Wasserbedeckung ein sog. Seeklima, auf analoge Weise wie wir es jetzt in der südlichen Hemisphäre finden, woselbst auch die Gletscher an der Westküste von Patagonien (46—47° südl. Br.) bis zur Meeresfläche herabkommen, also unter Breitenkreisen, welchen in der nördlichen Hemisphäre die Schweiz entspricht. Man hat nun auch die Vermuthung ausgesprochen, dass während der Eiszeit der nördlichen Hemisphäre in der südlichen mehr Land aus dem Meere hervorgeragt habe als jetzt, und dies in Beziehung gesetzt mit einem Schlusse, den Darwin aus dem Bau der Koralleninseln des stillen Oceans zog, wornach nämlich sehr bedeutende Areale früheren Insellandes oder sehr flachen Meeresbodens in einer neueren geologischen Periode sehr langsam um 1000 bis 3000 Fuss tiefer gesunken sein müssen. Da nun das Wasser die Vertiefungen der festen Oberfläche und des Meeresbodens stets auszufüllen strebt, so mussten jene Senkungen der Südsee einen langsamen Ablauf des Wassers aus anderen Erdgegenden her zur Folge haben; daher man es denn für wahrscheinlich hält, dass das Ende der Eiszeit in der nördlichen Hemisphäre von den grossen, aber langsamen Senkungen herrührt, welche zu den flachen Koralleninseln der Südsee Anlass gaben (S. 44.), Diese Ansicht schliesst selbstverständlich nicht aus, dass gleichzeitig in der nördlichen Hemisphäre Erhebungen fester Massen stattfanden. An die in gegenwärtiger Zeit stattfindende langsame Hebung Scandinaviens wollen wir nur beiläufig erinnern.

Indessen hat man in Hinsicht auf die Erklärung jener Eiszeit,

*) s. Dove: Ueber Eiszeit, Föhn und Scirocco. 1867. S. 6 f.

so wie überhaupt von ausgedehnteren klimatischen Aenderungen der Erdoberfläche auf Aenderungen der Intensität der Sonnenwärme und auf sonstige astronomische Ursachen reflectirt, von denen jedoch manche, wie z. B. die von Adhemar aus der veränderlichen Richtung der grossen Axe der Erdbahn entnommenen, sehr erheblichen Bedenken unterliegen. Namentlich hat man als Ursache allgemeiner Klimaänderungen in grösseren Perioden das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen und die Aenderung der Excentricität der Erdbahn hervorgehoben, wie dies in neuester Zeit besonders von J. Croll *) geschehen ist. Diese das Stellungsverhältniss der Erde zur Sonne betreffenden Aenderungen bedingen zwar keine merkliche Ab- und Zunahme des der Erde von Seiten der Sonne überhaupt zukommenden Wärmequantums, wohl aber eine ungleiche Vertheilung desselben auf die verschiedenen Erdzonen und demgemäss auch periodische Aenderungen der klimatischen Verhältnisse auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre. Doch wird man in Ansehung jener Eiszeit wohl vorzugsweise die Aenderungen in der Vertheilung des Festen und Flüssigen auf der Erdoberfläche zu beachten haben.

Mit dem Eintritt der Eisbildung gesellten sich nun zu den bereits vorhandenen noch einige andere Factoren, die umgestaltend auf die Erdoberfläche einwirkten. Es gehören hierher die schon berührten Veränderungen, welche durch die Bewegung der Gletscher und sonst an der Oberfläche der Gebirge durch atmosphärisches Wasser hervorgebracht werden, indem dieses, in feine Risse und Spalten eindringend und hier gefrierend, die härtesten Felsmassen zersprengt. Gewiss mussten die zuerst entstandenen Silicatgesteine und sedimentären Formationen im Laufe der Zeit mancherlei Veränderungen erleiden, und zwar vornehmlich von Seiten des eindringenden atmosphärischen Wassers. In Rücksicht der sedimentären Formationen haben wir schon früher zwei Bildungszeiten unterschieden, nämlich eine Zeit des Absatzes oder Niederschlages aus dem Wasser und eine zweite der Erhärtung und sonstigen mehr oder minder bedeutenden Umwandlung. Es ist allgemein anerkannt, dass alle Gesteine, auch die sedimentären, ursprünglich nicht ohne Weiteres so entstanden, wie sie dermalen

*) Philosophical Magazine. 1864 und 1865 (Nr. 199 p. 539).

beschaffen sind. So entstand ursprünglich nicht sofort fester Sandstein oder Thonschiefer; vielmehr wurden solche Absatzgebilde erst allmälig durch den Druck neuer, aufgelagerter Schichten und durch eindringendes Wasser, welches gewisse Bestandtheile in gelöstem Zustande zuführte, feste Gesteine (S. 41).

Man wird wohl bemerkt haben, dass nach der dargelegten geologischen Ansicht die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen, welche unser Erdkörper als solcher jetzo darbietet, das Resultat der allmäligen Abkühlung jenes Sphäroids ist, zu welchem die differenten Grundstoffe der Erde anfänglich in Gasform vereinigt waren. Gewiss bietet diese Ansicht viel Ansprechendes, indem sie die verschiedenen Entwickelungsstadien unserer Erde von jenem Gaszustande an bis zu ihrer heutigen Beschaffenheit in einem anschaulichen Bilde darzustellen gestattet. Bezüglich der sedimentären Gesteine findet sie sich wesentlich in Uebereinstimmung mit der neptunistischen Ansicht, da hier die thatsächlich vorliegenden Verhältnisse entschieden auf einen wässerigen Ursprung jener Gesteine hinweisen. Anders verhält es sich in Betreff der Silicatgesteine, deren Entstehung das eigentliche Streitobject beider Ansichten ist. Verschiedene Umstände scheinen hier auf einen ehemals schmelzflüssigen Zustand zu deuten, während sich doch auch mancherlei gegen die Annahme eines solchen Zustandes einwenden lässt. Es ist nicht zu verkennen, dass in dieser Beziehung die plutonistische Ansicht noch von Schwierigkeiten gedrückt wird, die zum Theil sehr gewichtig, aber doch vielleicht nicht unüberwindlich sind.

Zuvörderst waren es wohl die sogenannten metamorphischen Felsarten, welche gegen die plutonistische Ansicht Bedenken erregten. Man versteht unter diesen Felsarten vornehmlich die Gruppe der krystallinischen Schiefergesteine. Namentlich gehören hierher der Glimmerschiefer und der Gneiss. Der erstere ist ein Gemenge aus Glimmer und Quarz. Das Gefüge ist krystallinisch schiefrig. Der Glimmer erscheint meist in der Form von Blättchen, welche nicht selten die Quarzblättchen oder Quarzkörner einschliessen. Als Glimmerschiefer mit überwiegendem Quarzgehalt erscheint der Quarzfels und Quarzschiefer, welche vorherrschend eine glänzend weisse Farbe zeigen, mitunter aber durch Feldspath oder Eisenoxyd bräunlich und röthlich gefärbt sind. Hierher zu rechnen ist auch der meist aus stark miteinander verwachsenen Talkblättern zusammengesetzte Talkschiefer und der

Chloritschiefer. Der Glimmerschiefer geht häufig in den Gneiss über und wechselt hie und da mit dem Hornblendeschiefer ab. Der Gneiss ist ein krystallinisch schiefriges Gemenge aus Quarz, Feldspath und Glimmer, worin der Quarz mit grauer Farbe theils in der Form von Körnern, theils innig mit dem Feldspath verwachsen erscheint, der Glimmer dagegen in einzelnen parallel liegenden Blättchen, zum Theil auch in zusammenhängenden ebenen Schichten, die mit körnigen Schichten von Feldspath und Quarz wechseln. Auch sind öfter grössere Feldspathkrystalle von Glimmer umschlossen.

Die krystallinischen Schiefergesteine wechseln mit Petrefacten führenden Lagern von Kalk und Thonschiefer. An vielen Stellen geht der Thonschiefer unmittelbar in den Glimmerschiefer über, ohne dass dabei eine Veränderung in dem Streichen und Fallen der Schichten stattfindet; daher die Vermuthung nahe lag, dass der Glimmerschiefer ein krystallinisch umgewandelter Thonschiefer sei. Im Sinne der plutonistischen Ansicht dachte man: Kieselerde und Thonerde, die beide im Thonschiefer enthalten sind, könnten sich durch Einwirkung einer Glüh- oder Schmelzhitze zu Glimmer verbunden haben. Der Thonschiefer, welcher in der That schichtenweise aus dem Wasser niedergeschlagen wurde, lieferte demnach das Material zur Bildung des Glimmerschiefers, der die Schichtung des ersteren beibehielt. Durch die Hitze gerieth der Thonschiefer in einen zähflüssigen Zustand, welcher den Atomen gestattete, zu neuen krystallinischen Verbindungen zusammenzutreten, ohne jedoch die geschichtete Structur des ursprünglichen Thonschiefers aufzuheben, da derselbe nicht in eine vollkommen bewegliche Masse umgewandelt wurde. So ging bei Gegenwart einer verhältnissmässig geringen Menge von Kali oder Natron in dem Thonschiefer dieser in Glimmerschiefer, bei einer beträchtlicheren Kalimenge in Gneiss bei vorwaltender Talkerde in Talkschiefer über, während die Metalloxyde, namentlich Eisen- und Manganoxydul, mit etwas Kalk- und Talkerde zu neuen kieselsauren Verbindungen, insbesondere zu schön krystallisirten Granaten zusammentraten.

Da Gneiss und Glimmerschiefer Schichten bilden, die nicht selten in der Nähe des Granits vorkommen, so betrachteten manche den letzteren als das Gestein, welches theils durch Ausstrahlung von Wärme, theils durch Contact die eben erwähnten Metamorphosen bewirkt habe. Dabei reflectirte man noch auf die Mög-

lichkeit, dass mit den plutonischen Massen gleichzeitig Gase und Dämpfe aufstiegen. So konnten vielleicht bei dem Hervortreten schmelzflüssiger Granitmassen Kalidämpfe sich entwickeln, welche in den durch Hitze erweichten Thonschiefer eindringend diesen dem Granit zunächst in Gneiss verwandelten, während weiter entfernt Glimmerschiefer, sodann Kieselschiefer und lydischer Stein durch innige Verbindung der mechanisch beigemengten Kieselerde mit den übrigen Bestandtheilen des ursprünglichen Gesteins sich bildete, und endlich der Thonschiefer in Structur und Zusammensetzung unverändert blieb.

Man hat jedoch erkannt, dass die eben charakterisirte Erklärung einer krystallinischen Umwandlung des Thonschiefers durch die Hitze eines plutonischen oder vulkanischen Gesteins in vielen Fällen nicht zulässig ist, da das Eruptivgestein, von dem die Metamorphose ausgegangen sein soll, öfter in gar keinem schicklichen Verhältnisse zu den umgewandelten Massen steht, die Gebirge von mehreren tausend Fuss Mächtigkeit bilden. In andern Fällen lässt sich kein eruptives Gestein entdecken, dem man den metamorphischen Einfluss zuschreiben könnte. Daher nehmen viele Geologen, welche der plutonistischen Ansicht huldigen, an, dass die krystallinischen Schiefer aus sedimentären Ablagerungen in der Tiefe entstanden seien: durch lange andauernde Einwirkung eines starken Druckes und der hohen Temperatur des Erdinnern. Zur Bestätigung dieser Annahme wird der Umstand geltend gemacht, dass die krystallinischen Schiefer von andern Ablagerungen meist stark bedeckt waren oder noch sind. Die Temperaturerhöhung resultirte nothwendig aus dem durch Senkung und Ueberlagerung bewirkten Hinabrücken in die Tiefe.

Dagegen sind nach G. Bischof *), den man als den Vater der heutigen neptunistischen Geologie ansieht, die krystallinischen Schiefer auf nassem Wege entstanden. Der Umwandlungsprocess eines sedimentären Gesteines, wie des Thonschiefers, in ein krystallinisches besteht nach Bischof im Wesentlichen darin, dass die in jenem schon vorhandenen, aber durcheinander gemengten Silicate sich regelmässig nach Verbindungs- und Krystallisationsgesetzen gruppiren und selbstständige zusammengesetzte Silicate bilden, in-

*) Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Aufl. 1866.

dem dabei zwischen den Silicaten im Gesteine und den durch dasselbe circulirenden Gewässern gegenseitige Zersetzungen erfolgen, wodurch vorhandene Basen fortgeführt und andere an ihre Stelle gesetzt werden. Die Umwandlung des Thonschiefers in Gneiss sei ohne Hinzukommen neuer Stoffe von aussen nicht möglich, wie denn auch die Structurverhältnisse dieser Gebirgsart gegen eine plutonische Metamorphose sprechen sollen. Sodann wird noch auf den Wassergehalt des Glimmers hingewiesen. Der Thonschiefer enthalte zwar Wasser in hinreichender Menge für die Glimmerbildung. Wasser und Glühhitze seien aber zwei miteinander unverträgliche Dinge. „Doch durch Druck kann man ja das Wasser zurückhalten; die Vertheidiger der plutonistischen Hypothese werden also deshalb um so weniger in Verlegenheit sein, als sie ja nur das der Metamorphose unterworfene Gestein in die heissen Regionen des Erdinnern zu versenken und mit so vielen anderen sedimentären Formationen zu bedecken brauchen, um unter einem solchen Drucke die Metamorphose ruhig und ohne Verlust von Wasser von Statten gehen zu lassen."

Dagegen ist jedoch zu bemerken, dass bei jener plutonistischen Ansicht die Annahme einer Bedeckung des der Metamorphose unterworfenen Gesteins von anderen Ablagerungen keine reine Hypothese, sondern aus den beobachteten Lagerungsverhältnissen erschlossen ist. Diesen Lagerungsverhältnissen zufolge sollen die krystallinischen Schiefer durchschnittlich als die nachweisbar ältesten Gesteinsbildungen auftreten. Auch Bischof wird, sagt B. Cotta *), kein Gebiet krystallinischer Schiefer aufzeigen können, von dem sich behaupten liesse, dass es durch Umwandlung der neuesten, niemals bedeckt gewesenen Ablagerungen entstanden sei. Ihm selbst (Cotta) ist keines bekannt, welches seinem sedimentären Ursprunge nach einer neueren als der Juraperiode angehöre, und selbst dieser Fall sei bis jetzt nur ganz ausnahmsweise in den Alpen wahrscheinlich, wo die noch neueren Ablagerungen eine sehr grosse Mächtigkeit besitzen. Bei weitem die meisten krystallinischen Schiefer sind nach Cotta älter als silurisch, und waren offenbar schon lange und sehr mächtig überlagert. Beobachtbar könnten solche in der Tiefe — im Erdinnern — durch Umwandlung entstandene Gesteine natürlich erst sehr lange nach ihrer Metamor-

*) Geologie der Gegenwart. 1867. S. 417 f.

phose werden, durch Erhebung und theilweise Abspülung. Die beobachtbaren müssten daher stets ziemlich alt sein. Alle neuen seien verborgen. Wäre aber der Umwandlungsprocess lediglich durch von oben eindringende Gewässer bewirkt, so müsste man wohl, wie Cotta meint, erwarten, dass die neueren Ablagerungen mindestens eben so häufig theilweise davon betroffen worden wären als die älteren, wenn auch nicht gerade die allerneuesten, für die vielleicht die Umwandlungszeit noch nicht gross genug, an denen man aber doch schon den Beginn des Umwandlungsvorganges müsste wahrnehmen können. Cotta sieht hier einen der Fälle, in welchen Bischof den deutlich erkannten Lagerungsverhältnissen gar keine Rechnung getragen habe.

Was endlich die stoffliche Zusammensetzung der krystallinischen Schiefer anlangt, so sind für den Glimmerschiefer wohl ohne Zweifel die betreffenden Stoffe in den thonig-sandigen Ablagerungen in hinreichender Menge vorhanden. Auch enthalten die meisten dieser Sedimente Spuren von Alkalien; viele Thonschiefer sind sogar reich daran, daher denn aus ihnen auch Gneiss ohne Herbeiführung neuer Stoffe entstehen konnte. Cotta verweist in dieser Beziehung auf die von Roth zusammengestellten Gesteinsanalysen, wornach zwischen manchem Gneiss und manchem Thonschiefer stofflich kein wesentlicher Unterschied waltet. Kali und Natron fand v. Bibra in mehr als hundert verschiedenen Sandsteinen. Doch wird von Cotta zugestanden, dass für ausgedehnte feldspathreiche Gneissgebiete hinreichend alkalihaltige Sedimente nicht nachgewiesen werden können, und dass vielleicht auch — im Sinne der plutonistischen Ansicht — noch kein befriedigender Weg angegeben worden, auf welchem der Zutritt der nöthigen Alkalien erfolgt sein könnte. Man dürfe aber nicht vergessen, dass eben nicht aller Gneiss sedimentären Ursprunges sei, sondern nur ein noch nicht genau bestimmbarer Theil desselben, und dass also auch nur für den metamorphischen Theil der Alkaligehalt zu erklären wäre. Die neuesten, den Gneiss betreffenden Untersuchungen haben zur Aufstellung verschiedener Arten Anlass gegeben, von denen manche vielleicht eruptiver Natur, d. h. durch Erstarrung aus einem anfänglich schmelzflüssigen Zustande, nicht durch Metamorphose sedimentärer Gesteine entstanden ist. Cotta *) betrachtet den

*) A. a. O. S. 85 f.

Gneiss mit seinem Zubehör als die Grenze, in welcher sich die metamorphischen und eigentlichen Erstarrungsgesteine begegnen. Manche Gneisse sind nach ihm entschieden eruptiver Entstehung, also in einem weichen oder schmelzflüssigen Zustande emporgedrungen und erstarrt Indessen konnte auch der Process der Umwandlung möglicher Weise mit theilweiser Erweichung der Massen und in Folge davon mit eruptiven oder injectiven Erscheinungen derselben verbunden sein. „Doch ist eine sichere, allgemein giltige Unterscheidung der Gesteinsarten nach ihrem verschiedenen Ursprunge bis jetzt noch nicht durch die blosse mineralogische oder chemische Untersuchung möglich gewesen, sondern stets nur eine Entscheidung für den einzelnen Fall, und zwar durch die Lagerungsverhältnisse, wo diese deutlich aufgeschlossen sind. Finden sich z. B. in einem Gneissgebiete zahlreiche parallele Einlagerungen abweichender Gesteine, wie Glimmerschiefer, Quarzschiefer, Kalkstein, Dolomit, Graphit und dglch., so wird man dasselbe sicher für ursprünglich sedimentärer Entstehung, und somit für umgewandelt zu halten haben. Bildet dagegen ein Gneiss deutliche Gänge im andern, so wird man ihn als eruptiv betrachten müssen."

Nach der zuvor betrachteten Ansicht muss nun die Veränderung einer sedimentären Formation um so durchgreifender ausfallen, je tiefer sie versank und demzufolge bedeckt wurde. Man hat in dieser Beziehung auf die Möglichkeit hingewiesen, dass die sedimentären Massen, deren Material ursprünglich aus der Zerstörung von Eruptivgesteinen hervorging, auf's neue heissflüssig werden, und dann wiederum als Eruptivgesteine erstarren könnten. So hätten wir denn auch im Sinne der plutonistischen Ansicht einen Kreislauf der Stoffe, bei welchem die Substanz bleibt, aber die Form ihres Auftretens sich ändert. In Betreff der neptunistischen Theorie haben wir bereits (S. 56 f.) hervorgehoben, dass nach ihr auf Grund einer Krystallbildung tief im Erdinnern die Gebirge langsam emporwachsen, während sie an der Erdoberfläche einer andauernden Zerstörung und Abtragung anheimfallen.

Zu den metamorphischen Gesteinen zählt man auch den krystallinisch körnigen Kalkstein oder Marmor, der nach der Ansicht vieler Geologen aus dichtem kohlensaurem Kalk entstand, indem dieser durch die innere Erdwärme oder hie und da durch die Wärme eines Eruptivgesteines zum Erweichen oder Schmelzen gebracht wurde, ohne dabei wegen des hohen Druckes, unter welchem

dieser Vorgang statthatte, seine Kohlensäure zu verlieren. Bei ihrem Erhärten erhielt denn die erweichte oder geschmolzene Masse ein krystallinisch-körniges Gefüge. Diese Ansicht stützte sich zuvörderst auf einen von J. Hall angestellten Versuch, wornach kohlensaurer Kalk durch Schmelzung in einem geschlossenen Raume in Marmor übergeht. Später fand Buchholz, dass die Trennung der Kohlensäure vom Kalk auch durch einen beträchtlich geringeren Druck, als den von Hall angewendeten, verhindert werde. Neuerdings wurden darauf bezügliche Versuche von G. Rose angestellt, die im Wesentlichen zu einer Bestätigung der von Hall gewonnenen Resultate führten. Zu Gunsten einer solchen (plutonischen) Umwandlung von dichtem sedimentären Kalkstein in krystallinischen weist Cotta erstlich auf den Umstand hin, dass man eine unmittelbare Ablagerung von krystallinisch-körnigem Kalk bis jetzt noch nirgends nachgewiesen habe — Kalkspathbildung sei etwas anderes —, sodann auf die besonderen Lagerungsverhältnisse der meisten körnigen Kalksteine, ihre unregelmässigen Verdickungen und häufigen Ramificationen (Verzweigungen) in das einschliessende Gestein, die sich am leichtesten durch eine mässige Erweichung der Masse unter Druck erklären liessen. Auch finde man den körnigen Kalk nicht zwischen den neuesten sedimentären Ablagerungen, sondern häufig und charakteristisch nur zwischen krystallinischen Schiefern, die selbst metamorph sind. Wo aber die Umwandlung der Schichten den gewöhnlichen, gleichsam normalen Verlauf genommen, da zeigten sich die Uebergänge aus dichtem in körnigen Kalkstein etwa von den Grauwackenbildungen an abwärts, aber ungleich stark je nach localen Verhältnissen, während krystallinische Dolomite auch zwischen viel neueren Schichten zu finden wären. Die von Bischof vermisste Möglichkeit eines hinreichenden Abschlusses, welcher bei dem Schmelzen des Kalksteins das Entweichen der Kohlensäure verhindern könne, sieht Cotta in einer einige tausend Fuss hohen Wasserbedeckung, die zugleich alle Klüfte der Gesteine erfüllt, unter denen Kalkstein liegt. Meer sei zu irgend einer Zeit überall vorhanden gewesen, Hebungen und Abschwemmungen zu nachträglicher Freilegung hätten ebenfalls überall stattgefunden. Die plutonische Erklärung verlange übrigens keine vollständige Schmelzung, sondern nur ein langsames Krystallisiren der Masse unter Einwirkung von Wärme, die bis zur Erweichung oder theilweisen Schmelzung steigen könne, aber nicht müsse. Lange Dauer der

Erwärmung möge in diesem Falle genügend wirkliche Schmelzung ersetzen, um eine Aenderung im Aggregatzustande herbeizuführen, wie denn auch Bischof mehrfach hervorgehoben habe, dass lange Dauer der Wirkung gar manches erklären könne, was dem Experiment unmöglich sei, und dass bei chemischen Processen starre Körper, ohne dass sie in den flüssigen Zustand übergehen, wesentliche Formänderungen erleiden können.

Mit der Aussage Cotta's, dass die Annahme einer plutonischen Metamorphose zugleich die beobachteten Lagerungsverhältnisse der körnigen Kalksteine erkläre, während die hydrochemische damit in gar keiner Beziehung stehe, harmonirt nun allerdings nicht, was Fr. Mohr *) bezüglich dieser Lagerungsverhältnisse anführt. So bemerkt schon G. Rose, heisst es, dass der Marmor mit Thonschiefer abwechsele, der seiner Entstehung und Beschaffenheit nach nicht feurig-flüssig gewesen sein kann. Das letztere ist ohne Zweifel richtig; doch ist in Betreff jener plutonischen Metamorphose auch nicht von einem feurig-flüssigen Zustande des Kalksteines die Rede. Auch ist die Beschaffenheit des betreffenden Thonschiefers und die Art seines Wechsels mit Marmor nicht näher bezeichnet. Sodann beruft sich Mohr auf eine Wahrnehmung Fr. Hoffmann's, der nämlich den körnigen Kalk von Carrara allmälig in einen versteinerungsreichen Jurakalk übergehen sah, so dass an der zusammenhängenden Bildung beider nicht zu zweifeln sei. In welcher Weise dieser Uebergang einer plutonischen Metamorphose des Kalkes widerstreitet, ist nicht recht ersichtlich. „Sehr überraschend ist, sagt Hoffmann, Thon- und Glimmerschiefer, Kalkschiefer und Gneiss unter Lagerungsverhältnissen und in Verbindungen zu treffen, welche an der Gleichzeitigkeit, am Zusammenhange ihrer Bildung mit versteinerungführendem Kalk keinen Zweifel lassen. Die Schiefer folgen nicht nur unmittelbar in ganz gleichförmiger Verbindung den Kalkgesteinen, sondern sie wechseln mit denselben ab und verfliessen so innig in ihre Masse, dass letztere für unzweifelhafte Glieder des Flötzgebirges gelten müssen."

Hier liegt nun doch, meint Mohr, der Zusammenhang klar vor Augen, und nur die Eingenommenheit von der plutonistischen Theorie könne das Erkennen verhindern. Der Kalk konnte nicht auf feurig-

*) A. a. O. S. 63.

flüssigem Wege zwischen Kalkschiefer, Gneiss und Glimmerschiefer entstanden sein.

Indessen hat das Vorkommen von krystallinisch-körnigem Kalk zwischen metamorphischem Gneiss und Glimmerschiefer nach plutonistischer Ansicht durchaus nichts Befremdliches, wie aus den obigen Anführungen erhellen wird. Freilich müsste das Vorkommen von gewöhnlichem dichten Kalk zwischen jenen krystallinischen Schiefern, so wie das Auftreten von krystallinisch-körnigem Kalk zwischen relativ sehr neuen sedimentären Gebilden gegen die Annahme einer plutonischen Metamorphose sehr erhebliche Bedenken erregen. Dass die krystallinischen Schiefergesteine durch kaum merkliche Uebergänge mit den weniger veränderten, noch erkennbaren sedimentären Formationen zusammenhängen, steht mit der plutonistischen Ansicht keineswegs im Widerstreite.

„Zu Auerbach an der Bergstrasse, heisst es bei Mohr weiter, kommt ein körniger Kalk im Gneisse vor, welcher noch viel grobkörniger ist, als der carrarische. Grosse Partieen desselben sind grau, blau und roth gefärbt, und brennen sich unter Entwickelung von Kohlensäure und Kohlenoxydgas blendend weiss. Es war also ein organischer Stoff das färbende Princip, was ein schlagender Beweis gegen die schmelzflüssige Entstehung ist.“ Ausserdem sollen die krystallinischen Einschlüsse, die man im körnigen Kalk beobachtet hat, jeden Zweifel beseitigen, da dieselben weder vorher als vorhanden mit schmelzflüssigem kohlensauren Kalk umgeben, noch nachher in demselben ausgeschieden worden sein könnten. Sie müssten gleichzeitig mit dem kohlensauren Kalk an der Grenzfläche der Bildung aus wässeriger Lösung in den wasserleeren krystallinischen Zustand übergegangen sein. Mohr stützt sich dabei auf eine Annahme, die er weiterhin zu begründen sucht, dass nämlich Quarz, Glimmer, Hornblende, Feldspath, Glimmerschiefer, Gneiss, Granit etc. niemals schmelzflüssig gewesen seien. Wir werden darauf im Laufe unserer Betrachtungen zurückkommen, und bemerken hier nur noch einmal, dass jene plutonistische Ansicht von der Umwandlung des dichten kohlensauren Kalkes in krystallinisch-körnigen eine vollständige Schmelzung des ersteren nicht geradezu erfordert. Was aber jene organische Substanz anlangt, so mochte dieselbe immerhin in dem sedimentären Kalk vorhanden sein und bei dessen langsamem Krystallisiren unter Einwir-

kung von Wärme und bei Abschlusse der atmosphärischen Luft sich in irgend einer Form darin erhalten.

Als eine plutonische Metamorphose im weiteren Sinne wird von Manchen auch die Bildung von Anhydrit angesehen, der in der Umgebung und innerhalb der Steinsalzstöcke verschiedener Formationen häufig vorkommt. Nach Versuchen, die neuerdings Hoppe-Seyler *) anstellte, entsteht nämlich krystallisirter Anhydrit, wenn Gyps mit gesättigter Kochsalzlösung auf 125 bis 130° erhitzt wird. Demzufolge mussten salzhaltige Gypslager, wenn aus ihnen Anhydrit entstehen sollte, einmal bis zu einer Tiefe gesunken sein, wo die Temperatur mindestens 125 bis 130° beträgt. Diese Tiefe würde, wenn man annimmt, dass die Temperatur nach dem Innern der Erde zu mit je 100′ um 1° steige, etwa 12000 Fuss betragen, und daher nach Hoppe-Seyler's Ansicht noch innerhalb der Grenzen der gewöhnlichsten Erdrevolutionen liegen, wozu noch komme, dass jene Lager selbst alten Meeresboden darstellen.

Andrerseits ist nicht zu verkennen, dass Gesteinsmetamorphosen vielfach durch Vermittelung des Wassers. und zwar auch ohne Einwirkung einer höheren Temperatur, stattgefunden haben und noch stattfinden. Dies wurde zuvörderst durch die Untersuchungen von G. Bischof mit Evidenz dargethan. Die Wahrnehmungen an dem Quellwasser bekunden zur Genüge, dass das durch die Erdschichten sickernde Wasser Bestandtheile der Gesteine auflöst und mit sich fortführt. Diese Theile können unter verschiedenen Umständen auf verschiedene Weise niedergeschlagen oder wieder abgegeben werden, so bei eintretender Ruhe durch Verlust eines der auflösenden Bestandtheile, z. B. der Kohlensäure, oder überhaupt durch chemische Affinität in Folge von Contactverhältnissen. Auf solche Weise konnten aus losem Sand, Thon und kreideartigen Massen fester Sandstein, Thonschiefer und Kalksteine sich bilden, indem die Masse des sedimentären Gebildes von neuen Stoffen (resp. Bindemitteln) durchdrungen wurde. Höchst wahrscheinlich ist auch der Dolomit, der zu den metamorphischen Felsarten gerechnet wird und sich chemisch im Wesentlichen als ein Doppelsalz von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia darstellt, auf nassem Wege entstanden, und zwar nach Bischof durch Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser auf magnesiahaltigen Kalk-

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 127. S. 161.

stein, oder nach Nauk und Scheerer öfter durch Einwirkung einer Lösung von kohlensaurer Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser auf gewöhnlichen oder schon etwas magnesiahaltigen Kalkstein. Enthält das Wasser kieselsaure Magnesia, so wird der kohlensaure Kalk gelöst, der sich nach Ausscheidung der Kieselsäure durch die Kohlensäure mit der kohlensauren Magnesia zu Dolomit verbindet, während die ausgeschiedene Kieselsäure sich in den Drusenräumen des Dolomites theils krystallinisch als Quarz, theils amorph als Opal, absetzen kann. — Zu den auf nassem Wege entstandenen metamorphischen Felsarten gehören noch der Talkschiefer und Chloritschiefer, wohl auch der Serpentin, der mindestens als ein Umwandlungsproduct aus verschiedenen andern Gesteinen sicher erkannt worden ist.

Ferner ist es gewiss, dass die meisten Erze oder metallreichen Mineralien, die man in vielen Gängen (Spalten) findet, durch Gewässer aus dem Nebengestein oder aus der Tiefe herbeigeführt wurden. Dass die Eisen- und Manganerze von dem Nebengestein herrühren, hat G. Bischof bestimmt nachgewiesen. „In Spalten und Drusenräumen, sagt derselbe, erreicht die Natur den höchsten Grad der Sonderung. In sie flossen und filtrirten die Gewässer, beladen mit den aus dem Gebirgsgestein extrahirten Substanzen, langsam und ruhig. Das Wasser verdunstete allmälig, das Ungleichartige bekam Gelegenheit sich zu sondern und in verschiedenen Lagen sich abzusetzen. Bei einem so langsamen Uebergange aus dem Flüssigen in das Feste konnte die Krystallisationskraft sich ungehindert äussern; durch sie sonderte sich noch immer mehr das Ungleichartige ab und so bildeten sich in Drusenräumen und Spalten die schönen, zuweilen ungewöhnlich grossen Krystalle, die unsere Bewunderung erregen.“

Weiter hat sich mit Evidenz ergeben, dass selbst im Innersten der Gesteine unter Einwirkung des Wassers sich vielfach Umwandlungen und Neubildungen von Mineralien vollzogen haben und noch vollziehen. So sind die Zeolithe in den krystallinischen Gesteinen, nach G. Bischof, nichts anderes als Umwandlungen des Labradors durch Aufnahme von Wasser. Neuerdings führten namentlich die mikroskopischen Untersuchungen von Sorby, Zirkel und Laspeyres zur Erkenntniss einer inneren allmälig erfolgenden Umwandlung der meisten krystallinischen Silicatgesteine. Die Feldspath- und Quarzkrystalle im Granit, Porphyr, Trachyt, Pechstein

und Obsidian zeigten sich von zahllosen feinen Bläschen oder Poren und von zarten Spalten durchzogen, und enthielten zahlreiche kleine Einschlüsse, die zum Theil als Neubildungen oder Umwandlungsproducte anzusehen sind. Laspeyres *) kam durch seine mikroskopischen Untersuchungen der Quarzporphyre von Halle zu dem Resultate, dass die vorherrschend rothe, braune oder gelbe Färbung derselben von keinem der ursprünglichen Gemengtheile herrührt, sondern von Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, welches überall in den mikroskopischen Spalten und Poren vertheilt ist, und nicht als eine ursprüngliche Bildung angesehen werden kann, da in dem an Kieselsäure sehr reichen Gestein, das viel freien Quarz auskrystallisirt enthält, weder Eisenoxyd noch Eisenoxydul ursprünglich zur Erstarrung gelangen konnte, ohne sich als Oxydul mit Kieselsäure zu verbinden. Auch verräth das Gestein an den wenigen Stellen, wo es noch vorzugsweise frisch und unverändert erhalten ist, nicht eine röthliche, sondern eine grünliche Färbung, welche Laspeyres auf den ursprünglichen Zustand der Quarzporphyre bezieht, deren Grundmasse kieselsaures Eisenoxydul enthalten habe, das von der Zersetzung noch früher ergriffen und in Eisenocker und Eisenoxyd umgewandelt wird, als die Kaolinisirung des Feldspathes (S. 39) beginnt, wornach also die röthliche Färbung ein Product der Zersetzung sei.

Da nun das in die Erde eindringende Wasser den Gesteinen mancherlei Bestandtheile entzieht, wie namentlich die Mineralquellen bekunden, und selbst die dichtesten Gesteine, wie aus Versuchen von Delesse hervorgeht, in geringem Grade bis in ihre kleinsten Theilchen für Wasser durchdringlich sind, so kann es im Innern der Erde an fortdauernden Aenderungen nicht fehlen. Unter Bezugnahme auf die neueren mikroskopischen Gesteinsstudien macht Vogelsang **) in Betreff einer Molecularströmung und damit zusammenhängender Veränderungen der Gesteine auf folgende Umstände aufmerksam. Die einzelnen Bestandtheile der Gesteine sind nämlich in ihrer Masse mehr oder weniger wässerigen Flüssigkeiten zugänglich. Für die Wirkung dieser Flüssigkeiten kommt nicht nur die Strömung und Vertheilung derselben innerhalb der ein-

*) Zeitschrift der deutsch. geolog. Gesellschaft. Bd. 16. S. 367.

**) Philosophie (dürfte im Hinblick auf den Inhalt der Schrift wohl passender heissen: Geschichte) der Geologie und mikroskopische Gesteinsstudien. 1867.

zelnen Bestandtheile des Gesteins, sondern auch die Empfänglichkeit des Aggregates als solchen für dergleichen Einwirkungen in Betracht. Diese Empfänglichkeit ist im Allgemeinen von Dichtigkeitszuständen abhängig und demgemäss in krystallisirten Bestandtheilen nach Intensität und Verbreitung eine andere als in amorphen oder unvollkommen krystallinischen Theilen.

Es kann sonach keinem Zweifel unterliegen, dass mannigfache Gesteinsbildungen, sowie auch Umwandlungen bereits gebildeter Gesteine durch Vermittelung des Wassers stattfanden. Doch lässt sich aus dem, was wir bisher über die Wirkung des Wassers vorbrachten, noch kein triftiger Einwand gegen die Annahme erheben, dass der Erdkörper sich einstmals in einem schmelzflüssigen Zustande befunden habe, und dass die krystallinisch-massigen Gesteine aus einem solchen Zustande durch Erstarrung hervorgegangen seien. Nach der Ansicht der Neptunisten sind freilich auch diese Gesteine, wie wir bereits ausführlicher erwähnten, auf hydrochemischem Wege entstanden, und zwar nach G Bischof grösstentheils durch Umwandlung gewisser sedimentärer Formationen, namentlich des Thons und Thonschiefers. Man stützt sich dabei u. a. vornehmlich auf den Wassergehalt aller krystallinischen Gesteine. Derselbe ist ein sehr wechselnder und beträgt nach Scheerer im Gneiss 1 Prct., im Glimmer gegen 4 Prct. Bischof betrachtet dieses Wasser, das nur durch Glühen ausgetrieben werden kann, als chemisch gebundenes, Mohr dagegen als flüssiges, welches in engen Kanälen eingeschlossen und bei Bildung der Silicate zurückgehalten worden sei. Nur die sehr basischen Silicate der Zeolithe, in welchen das Wasser als Basis enthalten ist, sollen dasselbe in chemischer Verbindung, d. h. gleichförmig vertheilt in den kleinsten Molecülen der Verbindung besitzen.

Mohr sieht in dem Wassergehalte aller krystallinischen Gesteine ein gar nicht zu beseitigendes Hinderniss der plutonistischen Theorie, zumal in Anbetracht des Umstandes, dass derselbe in den wirklich geschmolzenen vulkanischen Producten — den eigentlichen Laven — fehlt. Dagegen ist nach anderen der Wassergehalt erst später hinzugekommen, da ja auch die dem Anscheine nach festesten Gesteine für Wasser durchdringlich seien. Feldspath und Quarz enthalten, wie wir bereits erwähnten, zahllose kleine Bläschen oder Poren, die vielleicht zum Theil mit eingedrungenem

Wasser gefüllt sind. Mohr *) bemerkt selbst, obschon in einer andern Beziehung, dass, wenn in unseren Versuchen ein Mineral uns vollständig dicht und äusseres Wasser ausschliessend erscheine, es doch in grösseren Tiefen unter anhaltendem Druck von Flüssigkeiten durchdrungen werden könne. Freilich dürfte die Erklärung des Wassergehaltes auf diesem Wege noch mancherlei Schwierigkeiten begegnen Andere hinwiederum betrachten den Wassergehalt als einen ursprünglichen und die Anwesenheit von chemisch gebundenem Wasser keineswegs unvereinbar mit dem Entstehen der betreffenden Gesteine, z. B. des Granites, durch Erstarrung aus einem heissflüssigen Zustande. Nach Versuchen von Daubrée lässt sich unter starkem Drucke Wasser mit Silicaten zusammenschmelzen. Durch gleichzeitige Einwirkung einer hohen Temperatur und eines starken Druckes wird die Lösungsfähigkeit des Wassers beträchtlich gesteigert Senarmont fand, dass unter diesen Umständen viele im Allgemeinen als unlöslich geltende Mineralverbindungen sich lösten, resp. krystallinisch abschieden.

Denkbar ist es nun sehr wohl, dass die Granite durch Erstarrung einer schmelzflüssigen, von Wasser durchzogenen Masse unter hohem Drucke entstanden sind. Bei langsamer Abkühlung konnte das unter hohem Drucke stehende Wasser die anfänglich schmelzflüssige Masse durchdringen unp auflösend wirken, so dass denn erst weiterhin, in Folge fortschreitender Abkühlung und unter Mitwirkung des Wassers, die verschiedenen Bestandtheile des Granits krystallisirten. Manche Mineralien, die sich unter den Gemengtheilen des Granits finden, mögen aber ihre dermalige Beschaffenheit erst auf dem Wege einer secundären Umbildung oder Neubildung erlangt haben. Hiernach erscheint nun auch ein Einwand, den H Rose gegen die Annahme einer Entstehung des Granits und der sonstigen quarzhaltigen Gesteine aus einer heissflüssigen Masse erhob, als minder triftig. Dieser Einwand stützt sich vornehmlich auf den Umstand, dass krystallisirter Quarz (Bergkrystall), wenn er im Knallgasgebläse geschmolzen wird, an specifischem Gewichte verliert und in den amorphen Zustand übergeht. Man hat dagegen gemeint, der Zustand des Quarzes in den Gesteinen könne sich später in Betreff seiner Dichte etc. wieder geändert haben. Vielleicht ist darauf kein besonderes Gewicht zu

*) A. a. O. S. 415.

legen; um so mehr müssen wir aber anerkennen, dass die Erstarrung des Granits und daher auch des Quarzes unter Umständen erfolgt ist, die von denjenigen, unter welchen jener Versuch ausgeführt wurde, gar sehr abweichen. Eine analoge Bewandtniss hat es mit einem andern Einwurfe, den man gegen das Entstehen des Granits durch Erstarrung aus einem schmelzflüssigen Zustande geltend machte. Der Granit besteht bekanntlich aus Quarz, Glimmer und Feldspath, deren Schmelzpunkte beträchtlich auseinander liegen. Der Feldspath schmilzt zuerst, der Quarz zuletzt. Demnach liegt die Vermuthung nahe, dass, wenn eine diese drei Mineralien enthaltende schmelzflüssige Masse erkaltet, zuerst der Quarz, dann der Glimmer krystallisiren und der Feldspath schliesslich die von beiden leer gelassenen Räume ausfüllen müsse. Bei Bildung des Granits hat es sich aber allem Anschein nach anders verhalten. Da der Quarz im Granit die Zwischenräume zwischen den Feldspathkrystallen ausfüllt, so kann er nicht früher als der Feldspath erstarrt sein; es ist vielmehr anzunehmen, dass der Quarz länger flüssig geblieben, wenigstens in den Fällen, wo er Eindrücke von der Form des Feldspathes erkennen lässt. Indessen verliert der in Rede stehende Einwurf sehr an Gewicht durch die Versuche von Durocher, wornach die Kieselsäure in einer Legirung mit den Bestandtheilen des Feldspathes eben so lange als der letztere flüssig bleibt, sodann durch den von Bunsen hervorgehobenen Umstand, dass der Erstarrungspunkt eines mit andern Substanzen zu einer Lösung verbundenen Körpers ausser von dem Drucke hauptsächlich von dem relativen Verhältniss der gelösten Substanzen bedingt ist.

Möglicher Weise machte sich bei der Bildung der krystallinisch-massigen Gesteine ein Umstand geltend, der durch unsere heutige mechanische Wärmetheorie seine Erklärung findet. Man weiss nämlich, dass der Gefrier- oder Erstarrungspunkt des Wassers erniedrigt wird, wenn der Druck, unter dem es steht, zunimmt. Nach einem Versuche von W. Thomson erniedrigt sich der Gefrierpunkt des Wassers um $0{,}00747 n^{0} C.$, wenn der Druck um n Atmosphären wächst. In Uebereinstimmung damit ist das Resultat eines von Masson angestellten Versuches, wornach Wasser bei einer Temperatur, die tief unter dem gewöhnlichen Schmelzpunkte des Eises liegt, noch flüssig bleibt, wenn es einem hinreichend starken Drucke ausgesetzt wird. Gilt dies nun auch für andere Körper, insbeson-

dere für die Silicate, was mindestens nicht unwahrscheinlich ist, so werden die letzteren in der Erde unter starkem Drucke bei niedrigeren Temperaturen schmelzen, resp. flüssig bleiben, als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Dieser Möglichkeit hat bereits Mohr*), jedoch in anderer Beziehung gedacht. Wir heben dieselbe hier im Hinblick auf das Entstehen der krystallinisch-massigen Gesteine durch Erstarrung aus einem schmelzflüssigen Zustande hervor. Es ergibt sich daraus, dass die Bestandtheile der geschmolzenen Gesteinsmasse unter hohem Drucke und bei langsamem Abkühlen, nachdem ihre Temperatur schon sehr beträchtlich gesunken war, noch lange in flüssigem Zustande verharren, und dann allmälig unter Mitwirkung des Wassers zur Krystallisation gelangen konnten. Demnach dürften einige Schwierigkeiten verschwinden, welche Mohr**) gegen die plutonistische Theorie in Hinsicht auf den Unterschied zwischen natürlichen und geschmolzenen Silicaten zur Sprache gebracht hat.

Es ist nun leicht ersichtlich, dass die grössere oder geringere Tiefe, in welcher die Erkaltung und Erstarrung geschah, nicht ohne Einfluss auf die Beschaffenheit der betreffenden Gesteine sein konnte, da von der Tiefe sowohl die Stärke des äusseren Druckes und die Höhe der Temperatur, als auch die Erkaltungszeit abhängt. Dass langsames Erkalten die Krystallbildung vorzüglich begünstigt, ist eine bekannte physikalische Thatsache. Dicke Glasstücke nehmen, wenn sie geschmolzen und dann langsam abgekühlt werden, in Folge einer krystallinischen Gruppirung ihrer kleinsten Massentheilchen eine fast steinartige Beschaffenheit an. Wird Basalt geschmolzen und schnell abgekühlt, so erstarrt er zu einer glasartigen Masse, wogegen derselbe bei allmäliger Abkühlung ein mehr granitisches oder porphyrartiges Aussehen gewinnt. G. Bischof brachte Basalt unter einem möglichst starken künstlichen Drucke zum Schmelzen und hierauf zum langsamen Erstarren. Die resultirende Masse erschien durchaus steinig, nicht glasig wie nach einem Schmelzversuche unter gewöhnlichem Drucke. Auch waren darin Olivin und Magneteisen wiederum erkennbar, obschon die Masse gewissen Anzeichen nach vollständig geschmolzen war. Doch ist hier eine voll-

---

*) A. a. O. S. 320 f.

**) A. a. O. S. 355.

ständige Schmelzung des so feuerbeständigen Olivin, der dem stärksten Ofenfeuer widersteht, wohl nicht annehmbar. Derselbe hatte sich wahrscheinlich als solcher erhalten.

Nach alledem müssen wir nun der in der Geologie schon längst vollzogenen Unterscheidung zwischen plutonischer und vulkanischer Bildung beipflichten. Jene bezieht man auf die Erstarrung einer heissflüssigen Gesteinsmasse tief im Erdinnern unter hohem Drucke und bei Abschluss der atmosphärischen Luft, die andere hingegen auf die Erstarrung einer solchen Gesteinsmasse an der Erdoberfläche. Obwohl dieser Unterschied durch einen lehrreichen Versuch von G. Bischof bezeugt wurde, hat er denselben doch in seiner Bekämpfung der plutonistischen Theorie, wie Cotta hervorhebt, fast ganz unbeachtet gelassen. Gewiss ist das Resultat jenes Versuches bedeutsam, namentlich wenn man damit die oben in Hinsicht auf die Bildung der Silicatgesteine betrachteten Momente verknüpft.

Indessen steht die Unterscheidung zwischen plutonischer und vulkanischer Bildung in keinem wesentlichen Zusammenhange mit dem relativen Alter der betreffenden Gesteine. Die plutonischen Gesteine sind allerdings, bemerkt Cotta, wo man sie an der Erdoberfläche beobachtet, älter als die vulkanischen, und zwar in der Regel um so älter, je plutonischer sie sind, d. h. in je grösserer Tiefe sie entstanden. Gleichwohl aber spreche alles dafür,' dass so lange es eine feste Erdkruste gab, auch vulkanische Gesteine gebildet worden, und völlig unzweifelhaft sei es, dass noch jetzt Gesteine durch Erstarrung tief unter der Erdoberfläche, also plutonisch entständen, die freilich jeder Beobachtung so lange entzogen seien, bis sie durch Hebung und Abwaschung frei gelegt würden. Dazu gehöre aber viel Zeit, und habe stets viel Zeit gehört. So sei es denn ganz natürlich, dass man plutonische Gesteine nur dann beobachten könne, wenn sie schon ein ziemlich hohes Alter erreicht haben. — In Betreff der vulkanischen Gesteine wird bemerkt, dass vulkanische Kegel älterer geologischer Perioden da, wo sie in ihrem Niveau und über dem Meeresspiegel verblieben, nach dem gänzlichen Erlöschen der vulkanischen Thätigkeit verfallen, verwittern, und durch Regenfluthen abgespült werden mussten; wo sie aber versanken, vom Meere eingeebnet und mit neuem Material überlagert wurden. In beiden Fällen werden sie als solche kaum noch erkennbar sein, zumal da nur ihr innerer in gewissem

Grade plutonisch gebildeter Theil übrig blieb. Man dürfe nun aber nicht schliessen, heisst es ferner, dass die ältesten Laven von derselben Beschaffenheit gewesen sein müssten als die neuesten *). Eben so wenig brauchten die ältesten plutonischen Gesteine den neueren oder neuesten ganz zu gleichen. Denn es wäre ja möglich, dass innerhalb der heissflüssigen Erdmasse sich die Stoffe oder Stoffverbindungen einigermaassen nach ihren specifischen Gewichten gesondert haben könnten, so dass die leichteren als die oberen zuerst zur Erstarrung gelangten, die schwereren später. Was aber die Erstarrung an der Erdoberfläche betreffe, so sei es sehr wohl möglich, dass dieselbe in den ersten Entwickelungsperioden unter einer weit stoffreicheren, dichteren und schwereren Atmosphäre, bei viel höherer Gesammttemperatur des ganzen Erdkörpers erfolgte als jetzt, und dass daher die damaligen Laven eine grössere Aehnlichkeit mit den plutonischen Gesteinen erhielten. — Die Schwierigkeit, aus dem gegenwärtigen Zustande der Mineralien auf die Art ihrer ursprünglichen Entstehung sichere Schlüsse zu ziehen, wird noch besonders hervorgehoben und in dieser Beziehung auf die Beobachtungen von Descloizeaux und Weiss **) über das analoge und antiloge Verhalten der Feldspathkrystalle nach ihrer Erhitzung hingewiesen. Dieses Verhalten hat sich in echten Laven ebensowohl als in den älteren Eruptivgesteinen als ein sehr ungleiches ergeben. Weiss kam zu dem Resultate, dass alle diese Gesteine bei hoher Temperatur meist unter Mitwirkung von Wasser entstanden sein müssten.

Eine der auffälligsten Bestätigungen für die eruptive Entstehung der krystallinisch-massigen Gesteine, also von Granit, Porphyr, Diorit, Trachyt etc., finden die plutonistischen Geologen in den Einschlüssen von Gebirgsgesteinen, welche von jenen ersteren, wie man annimmt, durchbrochen wurden. Solche Fälle sind nach Cotta ***) von guten Beobachtern zu tausenden gefunden und beschrieben worden, und sollen fast überall vorliegen, wo die genannten Gesteine zwischen anderen auftreten und gut aufgeschlossen

*) Unter dem Ausdruck „Lava“ versteht man verschiedeuartige Mineralverbindungen von ungleicher Textur und ungleicher chemischer Zusammensetzung, die jedoch alle darin übereinkommen, dass sie aus Vulkanen ausgeflossen und dann zu einem Gesteine erstarrt sind.

**) Beiträge zur Kenntniss der Feldspathbildung. Haarlem 1866; und Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft Bd. 17. S. 435.

***) A. a. O. S. 421 f.

sind. Als den deutlichsten hierher gehörigen Fall, der ihm unter unzähligen bekannt ist, bezeichnet Cotta die Porphyr- und Sandsteinbruchstücke im Basalt des Ascherhübels bei Tharand, die theils nur wenig verändert, theils stark angeschmolzen sind. Ausserdem wird noch auf ganz ausgezeichnete, von Zirkel*) beschriebene Beispiele von mehr oder weniger veränderten Kalkstein- und Schieferbruchstücken im Granit der Pyrenäen hingewiesen.

Beiläufig sei hier bemerkt, dass auch der Basalt, dessen Entstehung durch Erstarren aus einem schmelzflüssigen Zustande geraume Zeit hindurch von der Mehrzahl der Geologen als völlig unzweideutig bezeichnet wurde, nach G. Bischof und Fr. Mohr auf hydrochemischem Wege entstanden ist. Doch weichen beide in Hinsicht auf den Modus der Erklärung von einander ab **).

Als einen Einwand gegen die eruptive oder pyrogene Entstehung der Granite hat man den Mangel an Schmelzungen und andern damit zusammenhängenden Aenderungen der durchbrochenen Gesteine an den Graniträndern hervorgehoben. Darauf findet man erwiedert***), dass bekanntermaasen auch die neuesten Laven keineswegs an allen ihren Berührungsstellen derartige Aenderungen bewirken, die stets von der Höhe der Temperatur, der Dauer ihrer localen Einwirkung, dem Zustande und der Masse des berührten Gesteins abhängig seien. Bezüglich der plutonischen Gesteine, die unter hohem Drucke und unter vollständigem Abschluss der Luft erstarrten, könne man Verglasungen oder Verschlackungen nicht erwarten, schon wegen der langsamen Erkaltung nicht, und weil auch das Glasartige, wo das Wasser Zutritt hatte, im Laufe der Zeit wieder zerstört worden sei. Die eruptive Entstehung werde aber durch Reibungsbreccien und Ramificationen bekundet, die sich oft in sehr auffälliger Weise an den Graniträndern zeigen.

Ein sehr gewichtiges Zeugniss für den eruptiven Ursprung

---

*) Zeitschrift der deutsch. geol. Gesellschaft Bd. 19.

**) Die vulkanische Entstehung des Basalts ist neuerdings vertheidigt von L. Dassel in einer gekrönten Preisschrift: „Die Basaltbildung in ihren einzelnen Umständen erläutert. Haarlem 1866. -- Einen Aufsatz über die Basalte, worin die aus Beobachtungen sich ergebenden Gründe für die Vulkanität des Basaltes nebenbei angeführt sind, findet man von J. Nöggerath in Westermann's deutschen Monatsheften, März 1868.

***) Cotta a. a. O. 61.

der krystallinisch-massigen Gesteine sehen verschiedene Geologen noch in den Lagerungsverhältnissen dieser Gesteine, aus welchen unzweideutig hervorgehen soll: nicht allein, dass sie auf andere Weise entstanden als die sedimentären Gesteine, sondern auch, dass sie in einem weichen Zustande zwischen letztere eingedrungen, oder über ihnen ausgeflossen sind. Wollte man auch den einst heissflüssigen Zustand der Granite u. s. w. als unmöglich ansehen, so würden immer noch ihre Lagerungsverhältnisse ganz unzweifelhaft eine eruptive oder injective Entstehung derselben erweisen, gleichviel auf welche Weise man sich dabei ihren Zustand und die Ursache ihres Empordringens denken möchte. Indessen finde sich die Lehre der heissflüssigen (resp. heisswässrigflüssigen) Entstehung aller Eruptivgesteine in vollem Einklang mit dem Zustande der Massen sowohl wie mit ihrer Lagerung.

Cotta *) erhebt namentlich gegen G. Bischof den Vorwurf einer mangelhaften Kenntniss oder Beachtung der Lagerungsverhältnisse und einer ganz ungewöhnlichen Deutung derselben, wie er auch auf mancherlei Widersprüche in Bischof's Demonstrationen aufmerksam macht. In letzterer Beziehung wollen wir hier einiger Stellen aus Bischof's Geologie (S. 262) gedenken, welche folgendermaassen lauten: „Von den Trachytporphyrlaven ist es entschieden, dass sie als feuerflüssige Massen auf die Oberfläche der Erde gekommen sind. Da sie nun in ihrer Zusammensetzung so sehr mit den Graniten übereinstimmen, und einen gleich hohen Kieselsäuregehalt besitzen, so ist die Möglichkeit nicht zu bezweifeln, dass auch letztere als feuerflüssige Massen emporgetreten sein können. Wäre aber die Bildung des Granites auf feuerflüssigem Wege möglich: so würde man erwarten können, irgend eine kieselsäure- und kalireiche Lava zu finden, welche zu einem wenigstens feinkörnigen Granit erstarrt wäre."

Cotta sieht in diesen Aussagen einen inneren Widerspruch, ebenso Fr. Mohr **), und zwar in den beiden Sätzen, von denen der eine die Möglichkeit, dass die Granite als feuerflüssige — heiss- oder schmelzflüssige — Massen emporgedrungen sind, ausspricht, der andere hingegen dieser Möglichkeit Widerstreitendes enthält. Unseres Erachtens ist jedoch dieser Widerspruch nur scheinbar,

*) A. a. O. S. 410 f.
**) A. a. O. S. 339.

in Folge der Ausdrucksweise vorhanden. Man hat hier nämlich zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit, oder doch zwischen Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit zu unterscheiden. Der zuletzt angeführte Satz bezieht sich auf die Wirklichkeit, der vorausgehende dagegen nur auf die Möglichkeit der Granitbildung auf heissflüssigem Wege. Auch Bischof hatte wohl eine solche Unterscheidung im Sinne und wollte demgemäss eigentlich sagen: wäre aber die Bildung des Granites auf feuerflüssigem Wege wirklich erfolgt, so würde man erwarten können, irgend eine kieselsäure- und kalireiche Lava zu finden, welche zu einem wenigstens feinkörnigen Granit erstarrt wäre. Da sich nun dergleichen nirgends findet, so wird auch die Bildung des Granites, ungeachtet jener Möglichkeit, nicht auf die bezeichnete Weise wirklich erfolgt sein. So genommen finden wir in den obigen Stellen keinen Widerspruch. Sonst begegnet man wohl bei Bischof hie und da entgegengesetzten Aussagen in Bezug auf ein und dasselbe Object, wie z. B. eben in Betreff der trachytischen Laven, welche als die einzigen Gesteine mit Kieselsäureüberschuss bezeichnet werden, deren feuerflüssige Entstehung erwiesen sei, wogegen es weiterhin heisst, dass sich keine Beweise für ihre krystallinische Ausbildung auf pyrogenem Wege finden liessen.

Was nun die oben erwähnte, von Bischof ausgesprochene Erwartung irgend einer kieselsäure- und kalireichen, zu einem wenigstens feinkörnigen Granit erstarrten Lava betrifft, so hält Cotta dieselbe nicht für berechtigt, da nur der plutonisch erstarrte Theil einer solchen Lava, den man nach seinem Vorkommen nicht Lava zu nennen pflege, zu Granit werden konnte. Doch nicht aller Granit, meint Cotta, muss nothwendig eruptiver Entstehung sein, weil es der meiste entschieden ist. Möglicher Weise könne dieselbe Mineralverbindung, von der so viele Modificationen gefunden worden, auch auf andere Art, z. B. durch Umwandlung entstanden sein. Mancher Granit möge also ein metamorphisches Gestein sein, wie man vielen Gneiss als ein solches anzusehen habe. Es werde sich das immer nur für den einzelnen Fall durch deutliche Lagerungsverhältnisse entscheiden lassen. — Gewiss ist gegen die Möglichkeit einer verschiedenen Entstehungsweise derselben Felsart im Allgemeinen nichts einzuwenden, da ja die Chemie Beispiele genug liefert, die bekunden, dass eine und dieselbe chemische Ver-

bindung unter verschiedenen Umständen auf verschiedene Weise entstehen kann.

Nach einer unbefangenen Prüfung der beiden, einander entgegenstehenden geologischen Grundansichten ist es uns nun sehr wahrscheinlich geworden, dass bei den Bildungsvorgängen, welche die Entwickelung unseres Erdkörpers zur Folge hatten, nicht allein das Wasser, sondern auch die Wärme, und zwar im Sinne der plutonistischen Theorie, ein sehr wirksames Agens war. Selbst in Betreff der krystallinisch-massigen Gesteine schliessen sich beide Ansichten nicht schlechthin aus, sondern lassen sich auf die oben charakterisirte Weise miteinander in Beziehung bringen. Es ist auch nicht zu verkennen, dass die plutonistische Theorie durch den Einfluss der neueren neptunistischen, zunächst namentlich durch die Arbeiten G. Bischof's, mancherlei Modificationen erfahren hat. Fast ausschliesslich nur diese Arbeiten berücksichtigt Cotta bei seiner Vertheidigung der plutonistischen Theorie gegen die Angriffe der neptunistischen Schule, als deren Begründer er G. Bischof bezeichnet. Wir wollen indess noch ausdrücklich auf Fr. Mohr's Geologie hinweisen, worin die neptunistische Theorie, gewiss im Interesse der Wissenschaft, mit der grössten Entschiedenheit und Consequenz durchgeführt ist. Allerdings trifft Cotta's Beleuchtung der gegenwärtigen Geologie indirect auch vielfach die geologischen Ansichten Mohr's; doch findet sich in des letzteren Schrift noch mancherlei, was nach unserem Dafürhalten einer ernsten Beachtung von Seiten der plutonistischen Geologen werth ist.

Zum Schlusse unserer geologischen Betrachtungen richten wir unseren Blick noch einmal auf die innere Erdwärme und einige damit zusammenhängende Erscheinungen, nämlich auf die Vulkane und Erdbeben, deren Erklärung je nach der geologischen Grundansicht auf verschiedene Weise gegeben wird.

Wir wissen, dass nach plutonistischer Ansicht das Erdinnere unterhalb der starren Kruste sich noch jetzo in einem heissflüssigen Zustande befindet. Die Gründe für diese Annahme haben wir bereits oben (S. 71) hervorgehoben, und dabei auch u. a. des Umstandes gedacht, dass die Temperatur des Bodens mit wachsender Tiefe zunimmt. Bekanntlich dringen die äusseren von der Sonne herrührenden Wärmeänderungen nur bis zu einer gewissen Tiefe in die Erdrinde ein. Alle Punkte einer Vertikalen, die man sich von irgend einem Punkte der Oberfläche nach dem Mittelpunkte

der Erde gezogen denken mag, erfahren bis zu einer bestimmten Tiefe allmälig ganz ähnliche Uebergänge von einem Maximum zu einem Minimum der Temperatur, als der entsprechende Punkt an der Oberfläche. Wie der letztere, so werden auch jene Punkte im Innern, dem scheinbaren Laufe der Sonne gemäss, eine tägliche und jährliche Periode der Temperaturänderungen haben. Indessen reichen die jährlichen Aenderungen der Temperatur zu einer grösseren Tiefe hinab, als die täglichen. Der Spielraum der ersteren ist gegeben durch die Differenz zwischen den Extremen der Temperatur in der jährlichen Periode. Diese Differenz fällt um so kleiner aus, je tiefer die Punkte jener Vertikalen unterhalb der Oberfläche liegen. Da nämlich die von oben eindringende Wärme theils durch Strahlung und die Wärmecapacität des Bodens sich vermindert, theils im Innern durch Mittheilung an angrenzende Massen gewinnt oder verliert, so müssen die Veränderungen der Temperatur, sowohl die jährlichen als die täglichen, nach unten hin immer mehr abnehmen, dergestalt, dass die Wärme in einer gewissen Tiefe einen constanten Werth erreicht, der, im Verlaufe der Zeit unveränderlich, mit der mittleren Temperatur des Ortes an der Oberfläche nahe übereinstimmen wird.

Die mittleren Temperaturen an der Oberfläche der Erde sind bekanntlich für verschiedene Orte ungleich; daher denn auch die constante Temperatur in der Tiefe in verschiedenen Vertikalen von ungleicher Grösse ist. Wie im Allgemeinen die Temperatur an der Oberfläche vom Aequator nach den Polen hin abnimmt, so werden im Allgemeinen auch die constanten Temperaturen in der Tiefe an den Stellen, wo die jährlichen Temperaturschwankungen verschwinden, mit Annäherung an die Pole kleiner ausfallen. Unter dem Aequator wird der Boden am stärksten von Seiten der Sonne erwärmt; daher wird die Wärme von hier nach den Polen hin im Innern seitlich abströmen, und ein Gleichgewicht sich nur insoweit herstellen, als jeder Punkt, der auf dem Wege der Fortpflanzung liegt, in jedem Moment eben so viel Wärme empfängt als er abgibt.

Die Tiefen, in welchen die von aussen kommenden Temperaturschwankungen verschwinden, hängen für verschiedene Orte von der Beschaffenheit (Wärmeleitungsfähigkeit und Wärmecapacität) des Bodens und von der Grösse des Spielraumes jener Aenderungen an der Oberfläche ab. Nach Versuchen, die zu Edinburg in

verschiedenen Bodenarten angestellt wurden, verschwindet der jährliche Spielraum der Wärme im Trapp bei 58 Fuss, im Sand bei 72 Fuss und im dichten Kohlensandstein bei 97 Fuss Tiefe. Für das mittlere Europa lässt sich annehmen, dass hier in einer Tiefe von etwa 80 rhein. Fuss die von der Sonne herrührenden Temperaturschwankungen nicht mehr merklich sind und daselbst eine constante der mittleren Temperatur des Bodens entsprechende Wärme herrscht. Dagegen ergab sich in der Tropenzone, wo der Spielraum der Wärmeänderungen an der Oberfläche bei weitem kleiner ist, schon in einer viel geringeren Tiefe eine constante — das ganze Jahr sich gleich bleibende — Temperatur. Im Allgemeinen wird also die Tiefe, wo diese constante Temperatur statt hat, um so grösser sein, je weiter die Extreme der Temperatur an der Oberfläche auseinander liegen, oder je bedeutender der thermische Unterschied der verschiedenen Jahreszeiten ist. Demnach haben wir uns rings um den Mittelpunkt der Erde eine Schicht zu denken, worin jedem einzelnen Punkte eine bestimmte constante Temperatur eignet. Diese Schicht liegt aber nicht allenthalben in gleicher Entfernung von der Erdoberfläche, da ja die Tiefe, in welcher die von aussen kommenden Temperaturschwankungen verschwinden, nicht für alle Orte von gleicher Grösse ist. Nach den vorstehenden Bemerkungen wird sich die in Rede stehende Schicht vom Aequator nach den Polen hin tiefer abwärts senken, indem die Dicke der Erdrinde, worin noch ein Wechsel der Temperatur stattfindet, vom Aequator gegen die Pole zu wächst.

Dringt man nun von dieser Schicht constanter Temperatur noch tiefer in die Erde ein, so finden sich mit wachsender Tiefe immer höhere Temperaturgrade, wie zahlreiche Beobachtungen an sehr verschiedenen Orten gelehrt haben. Freilich ergab sich die einer Temperaturerhöhung von 1° entsprechende Zunahme der Tiefe an verschiedenen Orten von sehr ungleicher Grösse, was jedoch bekanntlich nicht befremden kann, da hier die ungleiche Höhe der Beobachtungsorte über dem Meere, die Wärmeleitungsfähigkeit der verschiedenen Felsarten, wie auch die Configuration des Bodens von Einfluss ist. Ausserdem konnten sich noch mancherlei andere Umstände geltend machen: so der Zutritt der Luft in die Schachte, das Durchsickern kühleren Wassers von oben oder das Aufsteigen wärmeren Wassers von unten, mitunter auch vulkanische Ereignisse in der Nähe, oder das Brennen unterirdi-

scher Kohlenflötze. Ferner konnte auch die Gegenwart der Arbeiter und der Grubenlichter in den Minen, das Abbrennen von Schiesspulver etc., Unterschiede bedingen. — In neuerer Zeit haben namentlich Beobachtungen in verschiedenen artesischen Brunnen zu bestätigenden Resultaten geführt; daher nicht zu bezweifeln ist, dass die Wärme von der Schicht constanter Temperatur an ziemlich rasch nach dem Innern der Erde hin zunimmt, und zwar im Mittel auf je 90 bis 100 Fuss um 1° C.

Wenn nun die Wärme auch weiterhin, über die bis jetzt erreichten Tiefen hinaus, nach dem Mittelpunkte der Erde zu wächst, so muss dieselbe endlich einen Grad erreichen, bei welchem die innere Erdmasse nur in einem schmelzflüssigen Zustande bestehen kann. Es wird dann der starren Erdkruste allmälig eine zähflüssige und dieser endlich eine vollkommen heissflüssige Masse folgen. Die letztere ist vielleicht reich an geschmolzenen Metallen, was man sogar für wahrscheinlich hält, da die mittlere Dichtigkeit des Erdkörpers mindestens 5 mal so gross als die Dichtigkeit des Wassers und doppelt so gross als diejenige der uns bekannten starren Erdkruste ist.

Man kann nun auch, wie es von Hopkins *) geschah, im Hinblick auf die Erscheinungen der Präcession und Nutation allenfalls die Folgen berechnen, die sich ergeben müssen, je nachdem man das Erdsphäroid im Innern als starr, oder mit einer homogenen oder heterogenen Flüssigkeit gefüllt annimmt. Es fand sich, dass der wirkliche Betrag der Präcession eine Dicke der starren Erdrinde von einem Viertel, mindestens von einem Fünftel des Erdhalbmessers erfordere, falls die innere Flüssigkeit als nicht homogen und in verschiedenem Abstande vom Mittelpunkte ungleich dicht angenommen wird, dass dagegen der Betrag der Präcession und Nutation nicht merklich verschieden ausfalle, wenn man die innere Erdmasse, sei sie starr oder flüssig, als nahezu homogen, mithin die Dichtigkeit als constant voraussetzt.

Nun wird die schmelzflüssige Innenmasse, die grösstentheils aus einem homogenen Gemenge geschmolzener Steinarten bestehen mag, vermöge der Wirkung der Centrifugalkraft und wohl auch, weil sie bis zu einem gewissen Grade comprimirt ist, überall gegen die starre Erdkruste andrängen und durch Klüfte oder Spal-

*) Philosophical Transactions 1839—1842.

ten auch emporsteigen, was denn, wo eine Communication mit der Erdoberfläche sich hergestellt hat, zu den Erscheinungen der Vulkane führt. Von den letzteren ist bekannt, dass sie meist im Meere — auf Inseln — oder mit wenigen Ausnahmen in nicht beträchtlicher Entfernung von den Meeresküsten vorkommen. Die Ursache dieses localen Vorkommens findet A. v. Humboldt *) in der Faltung der oberen Erdrinde und der Erhebung der Continente oder in der local minderen Dicke der starren Erdkruste. Man könne sich vorstellen, dass an den Rändern der aufsteigenden Continente, welche jetzt die über der Meeresfläche sichtbaren Littorale mit mehr oder minder schroffen Abhängen bilden, durch die gleichzeitig veranlassten Senkungen des nahen Meeresgrundes Spalten verursacht seien, durch welche die Communication mit dem geschmolzenen Innern befördert werde. Zur Unterhaltung der vulkanischen Thätigkeit ist demnach weder Meer- noch Binnenwasser erforderlich; sondern Inseln und Küsten sind nur darum reicher an Vulkanen, weil das Emporsteigen der letzteren, durch innere Kräfte bewirkt, von einer nahen Depression im Meeresbecken begleitet ist, so dass ein Erhebungsgebiet an ein Senkungsgebiet grenzt und an dieser Grenze mächtige, tief eindringende Spalten und Klüfte veranlasst werden.

Doch hat das reichliche Ausströmen von Wasserdämpfen aus den Kratern der Vulkane ziemlich allgemein zu der Vermuthung geführt, dass bei den vulkanischen Eruptionen das Wasser, möge es nun von Seiten des Meeres oder der Atmosphäre durch die Erdkruste zu der schmelzenflüssigen Innenmasse gelangen, ein mitwirkender Factor sei. Dasselbe bildet, wie man meint, im Innern der betreffenden Erdspalten einen aufsteigenden Dampfstrom, mengt sich mit den geschmolzenen Massen und hebt die Lava an die Erdoberfläche empor. Auch G. Bischof sieht in den Wasserdämpfen nicht eine bloss secundäre Erscheinung, sondern eine Ursache der Hebung der Lava, der vulkanischen Bomben und der Lapilli. Unter den vulkanischen Bomben versteht man, beiläufig bemerkt, flüssig emporgeschleuderte Lavamassen, die durch Rotation in der Luft eine kugelförmige Gestalt annehmen und dieselbe, wenn sie schnell genug erkalten, auch bei dem Niederfallen behalten. Die Lapilli (oder Rapilli) sind kleinere Bruchstücke der flüssig ausgeworfenen

*) Kosmos Bd. I. S. 454.

Lavamassen, die in der Höhe sich zertheilen. Auch begreift man darunter Bruchstücke der inneren Masse des Kraters, welche in mächtigen Garben kleiner glühender Steine emporgeschleudert wurden. Alle diese Stoffe sollen also durch ausströmende Gase, insbesondere durch Wasserdämpfe in die Höhe geführt werden, was jedoch von Fr. Mohr *) bezweifelt wird. Derselbe stützt sich dabei u. a. auf eine mündliche Mittheilung von Mitscherlich, wornach die Wassermassen flüssig und überhitzt durch die Lava steigen und mit einem Knall zu Wassergas auseinander platzen, sobald sie an die Luft treten. In diesem Zustande könnten sie keine behende Kraft ausgeübt haben. Jedenfalls würde die Dampfbildung erst auf einer gewissen Höhe des Vulkans beginnen. Das stossweise Hervorbrechen der Dampfblasen sei auch von Vogt bei seiner Besteigung des Vesuvs im November 1865 bestätigt worden. In der Mitte des Kraters, berichtet Vogt, dringt von Zeit zu Zeit, fast jede 1½ Minute, eine Dampfblase aus einer Spalte hervor, mit einem Geräusch ähnlich dem Schnauben einer Locomotive. Zugleich tritt glühende Lava hervor, die kaum über die Spalte überwallt, einen Feuerschein wirft, wie flüssiges Metall, und dann wieder in die Spalte zurücksinkt, die sich so schliesst, dass man bei Tage wenigstens keinen Feuerschein mehr in der Spalte sieht. Vogt meint, dass diese Eruptionen wegen ihrer Regelmässigkeit und geringen Gewalt unmöglich aus grosser Tiefe kommen könnten. Indessen gestatten diese Wahrnehmungen wohl keinen sicheren Schluss auf die grösseren vulkanischen Eruptionen. Wenn das Wasser in tropfbarflüssiger Form und im Zustande der Ueberhitzung durch die Lavasäule aufsteigt und in deren oberen Theilen in die Gasform übergeht, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dass mindestens die oberen Lagen der Lava, so wie auch Trümmer fester Gesteine von den stark gespannten, in grosser Menge sich entwickelnden Wasserdämpfen emporgeschleudert werden. Dieser Vorgang, in rascher Aufeinanderfolge sich wiederholend, würde denn das grössere Eruptionsphänomen bedingen.

In Anbetracht der grossen Ausdehnung verschiedener vulkanischer Zonen hat man schon längst den Schluss gezogen, dass die Ursache der Vulkanität nicht lediglich localer Art sein könne. Die enge Verbindung der einzelnen Vulkane zu grösseren und kleineren

*) A. a. O. S. 318 f.

Gruppen begründet nach Studer *) die Annahme, dass Kanäle der zu einer Gruppe gehörenden Vulkane sich in einen gemeinschaftlichen Heerd vereinigen, der sich nach der sehr in die Länge ausgedehnten Gestalt der meisten Gruppen als eine Spalte der Erdrinde darstellt, welche an ihrem oberen Ausgange theilweise wieder durch vulkanische oder andere Sedimente verschlossen worden sein mag. Der Längenausdehnung vulkanischer Spalten muss aber eine verhältnissmässige Tiefe entsprechen, und für Vulkanreihen, die sich über Hunderte geogr. Meilen ausdehnen, wie jene von Java und den Molucken, oder die der Anden, gilt die Voraussetzung, dass diese Tiefe 7 geogr. Meilen oder die untere Grenze der starren Erdkruste erreiche, nicht als gewagt; vielmehr glaubt man das Niedersetzen der Spalten und Hauptkanäle in eine im Verhältniss zum Erdganzen so geringe Tiefe auch für kleinere Gruppen und isolirte Vulkane als nicht unwahrscheinlich ansehen zu dürfen.

Es ist nun ferner bekannt, dass Erdbeben, d. h. mehr oder minder heftige Bebungen und Erschütterungen des Erdbodens den vulkanischen Eruptionen in der Regel vorausgehen und wohl auch während derselben noch fortdauern. Diese Erdbeben erstrecken sich jedoch meist nicht sehr weit über die nächste Umgebung des Vulkans hinaus. Nicht alle Erdbeben stehen in so unmittelbarer Beziehung zu vulkanischen Eruptionen; man kennt viele, die sich in beträchtlicher Entfernung von allen bekannten Vulkanen ereigneten und mit deren Eruptionen in keinem nachweisbaren Zusammenhange standen. Erdbeben treten mit sehr ungleicher Intensität fast in allen Gegenden der Erde auf, obschon manche Zonen vorzugsweise häufig von denselben betroffen werden. Nicht selten hat man beobachtet, dass heftige Erdbeben durch vulkanische Ausbrüche ein Ende fanden, was allerdings wieder einen gewissen Zusammenhang dieser Erdbeben mit vulkanischen Erscheinungen bekundet. Zur Bestätigung eines solchen Zusammenhanges mögen nachstehende Angaben dienen. Vom Mai 1811 bis zum April 1812 erschütterte eine Reihe von Erdbeben die kleinen Antillen und Nordamerika; den 25. März 1812 erfolgte das furchtbare Erdbeben, welches Caracas zerstörte, und die Erschütterungen dauerten rings um den Meerbusen herum fort, bis den 27. April die Eruption des Vulkans S. Vincent, der seit 1718 geruht hatte, denselben ein Ende

*) Physikal. Geographie und Geologie. II. S. 96.

machte. In der nämlichen Stunde, in welcher zu Lissabon am 1. November 1755 der erste Stoss erfolgte, schlug die Rauchwolke, die gewöhnlich über dem Vesuv liegt, in den Krater hinein, und der Berg erschien vollkommen frei. Eine ganz ähnliche Erscheinung zeigte sich am Vulkan von Pasto, nördlich von Quito, als den 4. Februar 1797 in sehr beträchtlicher Entfernung von diesem Vulkan eines der heftigsten Erdbeben das Thal von Quito verwüstete; der Vulkan von Tunguragua, der vorher in Eruption gewesen war, blieb während desselben ruhig, aber an seinem Fusse spaltete sich der Boden und es drangen aus ihm mächtige Schlammströme hervor. Bald nachher begann eine Reihe von Erdbeben auf den kleinen Antillen, welche erst wieder zur Ruhe kamen, als im September ein Ausbruch des Vulkans von Guadeloupe erfolgte, der seit fast hundert Jahren geruht hatte. Das heftige Erdbeben in Chile, den 20. Febr. 1835, traf zusammen mit dem Ausbruche eines submarinen Vulkans bei Juan Fernandez und verschiedener Vulkane in der Cordillere von Chile. Andere Erdbeben traten ohne auffällige Erscheinungen an den in der Nähe befindlichen Vulkanen auf. So hat man bei dem Erdbeben, welches vom 26. November bis zum 22. December 1852 die Banda-Inseln und theilweise Amhoina, Ceram, Ternate und die östlich davon liegenden Inseln heimsuchte, und namentlich auf Banda die schrecklichsten Zerstörungen anrichtete, während der ganzen Zeit an den grossen Vulkanen auf Banda und Ternate keine ausserordentlichen Erscheinungen wahrgenommen. Manche Erdbeben endlich boten selbst Erscheinungen, welche an die vulkanischen erinnern, indem aus Erdspalten heisse Wassermassen, zuweilen gemengt mit vielem Schlamm, ferner rauchartige Massen, Wasserdämpfe und mephitische Gase empordrangen.

Nach plutonistischer Ansicht haben nun die Erdbeben, namentlich die heftigen, weithin sich erstreckenden, im Wesentlichen dieselbe Ursache wie die vulkanischen Erscheinungen; sie liegt in der Reaction des heissflüssigen Erdinnern gegen die starre Erdkruste und deren Oberfläche. Wasserdämpfe und Gase, die sich auf der inneren Seite der starren Erdkruste in Höhlen und Klüften ansammeln und sich weiter zu verbreiten streben, sind dabei ein mitwirkender Factor. In Betreff der vulkanischen Erscheinungen findet nur insofern ein Unterschied statt, als diese eine andauernde Communication des heissflüssigen Innern mit der Erdoberfläche erfordern.

Man hat nun gemeint, die vulkanischen Erscheinungen und Erdbeben müssten, nach der eben hervorgehobenen Ansicht, eine den Gezeiten entsprechende Periodicität zeigen, da der Mond auf die im Innern des Erdkörpers vorhandene Flüssigkeitsmasse wohl in analoger Weise wirken werde, wie auf das denselben umgebende Meer. Dabei hat man jedoch übersehen, dass die genannten Phänomene ohne Zweifel von verschiedenen Factoren abhängig sind; daher eine auffällige, den Gezeiten entsprechende Periodicität derselben nicht geradezu erwartet werden kann. Dermalen ist es noch ziemlich ungewiss, ob Erdbeben bei Neu- und Vollmond, besonders bei grosser Mondnähe häufiger als sonst stattfinden. Auf einen Zusammenhang der Erdbeben mit der Mondstellung hat Perrey hingewiesen. Nach seiner Ansicht entstehen die Erdbeben von den Fluthwellen des schmelzflüssigen Erdinnern, welches beim Durchgange des Mondes durch den Meridian in ähnlicher Weise zur Fluth gehoben werde, wie die Oberfläche der Meere. Demgemäss sollen die Erdbeben auch wirklich mit den Syzygien vorzugsweise zusammenfallen, also namentlich in den Zeiten auftreten, in welchen die Wirkung des Mondes durch die in gleichem Sinne anziehende Sonne verstärkt wird und wo auch die gewöhnliche Meeresfluth sich zur Springfluth steigert. Nach einer von Perrey gegebenen Zusammenstellung kommen von 3654 Erdbebentagen 1901 auf die Syzygien (Neu- und Vollmond) und 1753 auf die Quadraturen. Dieser Unterschied ist jedoch im Vergleich zur Gesammtzahl so gering, dass daraus ein Einfluss des Mondes nicht mit Sicherheit erhellt. Neuerdings glaubt Perrey für die Existenz einer unterirdischen Ebbe und Fluth eine Bestätigung in dem Lavaausflusse des Vesuvs gefunden zu haben. In einem von Palmieri an Ch. Sainte-Claire Deville gerichteten Briefe wird nämlich hervorgehoben, dass die Eruption des Vesuvs eine bestimmte tägliche Periode mit zwei Maximis und zwei Minimis zeigte, wie man denn auch schon bei der Eruption des Vesuvs im Mai 1855 eine der Ebbe und Fluth des Meeres ähnliche Periodicität beobachtet habe. In Betreff dieser Eruption stützt sich Perrey auf einen Bericht, den Palmieri, Guarini und Scachi im Auftrage der Akademie zu Neapel davon erstattet haben. Demnach untersuchten die Genannten von einem Observatorium aus die Zunahme der Lavamassen, welche sich in dem Fosso della Vetrana anhäuften. Vom fünften Tage der Eruption ab bemerkten sie zwei Zunahmen täglich, die eine des

Morgens, die andere Abends. Diese Zunahmen folgten einander bis zum 19. Tage in Intervallen von etwas über 12 Stunden, doch mit einem Zurückweichen von einem Tage zum andern. So zeigte sich die Zunahme der Lavamassen am 16. Tage um 5 Uhr, wogegen die am 13. Tage gegen 11 Uhr stattfand.

Einigermaassen beachtenswerth in Hinsicht auf den Einfluss des Mondes ist auch, was E. v. Böck, Vorsteher eines Collegs in Peru, in einem von der Kölnischen Zeitung mitgetheilten Schreiben in Bezug auf die mächtigen Erderschütterungen hervorhebt, welche am 13. August 1868 einen grossen Theil der Westküste von Südamerika trafen. Dieselben ereigneten sich nämlich nur wenige Tage vor dem Syzygium, in welchem der Mond in so grosse Erdnähe kam. Auch wird noch erwähnt, dass der durch ein Erdbeben charakterisirte 20. Februar 1833 gerade ebenso 5 Tage vor Neumond fiel, wie diesmal der 13. August 1868. Es ist nun die Frage, ob eine solche Analogie sich auch in Ansehung anderer heftiger Erdbeben herausstellen wird.

Zu Gunsten einer andern Ansicht über die Entstehung der Vulkane und Erdbeben führt H. J. Klein *) einige Zahlen an, die eine Abhängigkeit der vulkanischen Eruptionen von der Insolation der Sonne, von ihrer jeweiligen Poldistanz für einen bestimmten Erdort bezeugen sollen. Darnach fallen unter 787 vulkanischen Eruptionen in der nördlichen Hemisphäre 314 auf die Sommer-, 267 auf die Wintermonate, — eine Differenz, die nach unserem Dafürhalten noch keinen zureichenden Beweis für jene Behauptung abgibt. Bezüglich der südlichen Hemisphäre wird angegeben, dass 129 Ausbrüche auf unsere Winter-, und nur 77 auf unsere Sommermonate fallen. Das Maximum der Häufigkeit gehört also ebenfalls dem Sommer an, da die südliche Hemisphäre bekanntlich Sommer hat, wenn wir Winter haben, und umgekehrt.

Dagegen fielen von 118 Erdbeben, welche Merian **) für Basel aufgezeichnet fand, die meisten, nämlich 15, auf den December, die wenigsten, 3, auf den Juni. Nach den Jahreszeiten geordnet kommen 41 auf den Winter, 22 auf den Frühling, 18 auf den Sommer und 37 auf den Herbst, also die Mehrzahl auf den Winter

*) Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie (redig. von Heis) Nr. 32. 1868.

**) In Basel wahrgenommene Erdbeben 1834; — Studer, physik. Geogr. und Geologie. II. S. 103.

und Herbst. Von 656 in Frankreich beobachteten Erdbeben fällt ein Maximum (83) auf den Januar, ein Minimum (36) auf den Juni. Dasselbe gilt von 214 in Scandinavien beobachteten Erdbeben*). Eine von Hoff**) gegebene Zusammenstellung aller Fälle vom Anfange unserer Zeitrechnung bis 1830 bezieht sich auf den Raum nördlich von den Pyrenäen, Alpen und Karpathen mit Ausschluss von Island; auch sie lässt ein Maximum zur Zeit des Wintersolstitiums, ein Minimum zur Zeit des Sommersolstitiums erkennen. Ebenso spricht eine andere, von demselben bewirkte Zusammestellung, die den Zeitraum von 1821 bis 1830 umfasst, für ein häufigeres Eintreten der Erdbeben im Winter. Indessen ist durch alle diese Zahlen die Annahme eines Zusammenhanges der Erdbeben mit den Jahreszeiten noch nicht genügend begründet.

Nach einer andern Ansicht sollen die Erdbeben durch den Einsturz innerer Erdhöhlen entstehen. Man findet auch diese Ansicht im Allgemeinen schon frühzeitig ausgesprochen, so von Lucretius und von Seneca, der sich dabei auf Anaximenes beruft. In neuerer Zeit suchte Boussingault***) die Erdbeben Amerika's auf ein allmäliges Zurücksinken der Gebirgsketten, insbesondere auf theilweise Einsenkungen gegen innere Höhlen und die damit verbundenen Reibungen und Erschütterungen zurückzuführen. Jüngst wurde diese Ansicht namentlich von O. Volger****) und Fr. Mohr†) weiter ausgebildet. Durch Auslaugen und Auswaschung von Seiten des Wassers entstehen in der Erde Hohlräume. In einem zusammenhängenden Hohlraume können Theile des Gewölbes sich loslösen und herunterstürzen und eine Erschütterung der Erdfeste bis auf bedeutende Entfernungen bewirken. Das ausgewaschene Gestein kann durch Rucken sich verdichten, bis es dem auf ihm lastenden Drucke wieder gewachsen ist. In beiden Fällen wird eine dem mechanischen Moment entsprechende Wärmeerregung stattfinden, bei den

*) S. Perrey: Comptes-rendus 1841; Acad. de Bruxelles 1844; Annal. d'agricult. 1845; Voyage de la comm. du Nord, 1845.

**) Geschichte der durch Ueberlieferungen nachgew. Veränderungen der Erdoberfläche. — Chronik der Erdbeben und vulk. Ausbrüche 1841.

***) Annal. de chim. et de phys. XLVIII. 1835; Schuhmacher's astronom. Jahrb. 1836. S. 712.

****) Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz. 1856 1857.

†) A. a. O. S. 300 ff.

massigen Blöcken an der Aufschlagstelle, bei dem ruckweisen Zusammensinken an allen Stellen der Verdichtung. Der Aufschlag einer fallenden Masse bewirkt in jedem elastischen Körper eine Schwingung, die zunächst in einer Verdichtung der unmittelbar getroffenen Stelle besteht und durch Ausdehnung den benachbarten Theilen nach den Gesetzen der Wellenbewegung sich mittheilt. Ein Erdbeben kann in einer blossen Erderschütterung bestehen; doch kann dadurch auch eine Veränderung der Erdoberfläche bewirkt werden, welche dann immer eine Senkung ist. Zufällige Erhebungen sind auch dabei vorgekommen, aber nur mit einer grösseren Senkung verbunden. Nach der in Rede stehenden Ansicht sei es nun ferner leicht denkbar, dass ein Erdbeben ein zweites an einem andern Orte verursache, da lose hängende aber noch durch Adhäsion getragene Felsstücke durch die Erschütterung sich lösen und selbst eine neue Erschütterung bewirken können. Sodann wird an viele Fälle erinnert, die bekunden, dass Erderschütterungen von selbst kleinen Massen sich durch einen weiten Kreis verbreiten. Als z. B. eine grosse Glocke zu Münster in Westphalen von ihrer Aufhängestelle in den Thurm herabfiel, nahm man die Erschütterung zur selben Stunde in Ibbenbühren, etwa 4 Meilen gerader Entfernung, wahr und hielt sie für ein Erdbeben. An die mächtige Erschütterung, welche der grosse Dampfhammer von Krupp in Essen verursacht, wird ebenfalls erinnert, wie auch daran, dass man in einem Steinbruch das Umkippen der Steinblöcke auf einem ansehnlichen Umfang als Erschütterung in den Füssen verspürt. Es bedürfe also nur noch grösserer Massen, um die Wirkung auch in grössere Ferne merkbar zu machen.

Steigt nun die bei jenen Erdsenkungen erregte Wärme bis zur Schmelzhitze der Silicate, so führt das zu vulkanischen Erscheinungen; denn die aus den Vulkanen hervorbrechende Lava zeige all' die Veränderungen, welche man durch Schmelzen natürlicher Silicate an ihnen hervorbringen kann. Indessen erfordert die eigentlich vulkanische Wirkung im gewöhnlichen Sinne einen Durchbruch nach oben, der nach Mohr*) immer nur durch Wasser vermittelt wird, weil durch die Beweglichkeit desselben und die in ihm stattfindende gleiche Vertheilung des Druckes nach allen Richtungen ein gewaltiger Druck auf die schwächste Stelle einwirken und hier einen Durchbruch bewirken könne.

*) A. a. O. S. 313 ff.

Dass nun auf die zuvor bezeichnete Weise Bodenerschütterungen häufig herbeigeführt werden, ist wohl nicht zu leugnen, und wird auch von plutonistischen Geologen nicht in Abrede gestellt. Schon längst hat man anerkannt, dass es nicht naturgemäss sein würde, alle Erdbeben aus einem einzigen Principe abzuleiten. Es fragt sich nur, ob man die eben charakterisirte Theorie so, wie es geschehen ist, generalisiren darf, oder mit andern Worten, ob sie auf alle Erdbeben Anwendung finden kann. Man hat dagegen eingewendet *), dass in keinem nachweisbaren Falle eine solche durch Einsturz bedingte Erschütterung gleichzeitig einen Flächenraum von mehr als 10 oder 20 Quadratmeilen betroffen habe. In allen Fällen, in denen sich Einsturztrichter bildeten, wäre die Erschütterung sogar nur höchstens eine Meile weit bemerkbar gewesen, während die Verbreitungsgebiete der eigentlichen Erdbeben viele Hunderte ja Tausende von Quadratmeilen einzunehmen pflegten. Das Erdbeben, welches am 1. November 1755 Lissabon grossentheils zerstörte, verbreitete sich über einen Erdraum, der 700000 geogr. Quadratmeilen umfasste, also 4 mal grösser war als die Oberfläche von Europa oder mehr als den zwölften Theil der ganzen Erdoberfläche betrug. Nicht nur die ganze pyrenäische Halbinsel und Frankreich wurden heimgesucht, ostwärts reichte es über die Schweiz, weit nach Deutschland hinein, bis Schweden und Norwegen; südlich wurden in Afrika Tetuan, Sallee, Fez, Marokko betroffen. Nach Westen erstreckte sich die Erschütterung über den ganzen atlantischen Ocean bis zu den Antillen, selbst auf dem Festlande Amerika's wurde sie verspürt; im Norden blieben Grönland und Island nicht verschont. Eine noch grössere Ausdehnung glaubt man dem südamerikanischen Erdbeben (anno 1868) zuschreiben zu müssen.

Zum andern hat man gegen die in Rede stehende Ansicht den Einwand erhoben, dass durch mehrere sehr ausgedehnte Erdbeben bleibende Erhebungen der festen Erdoberfläche bewirkt wurden, die über Hunderte von Quadratmeilen ausgedehnt 1 bis 10 Fuss betragen sollen, wogegen nach der Einsturztheorie nur locale oder allgemeine Senkungen statthaben könnten.

Zur Erklärung jener so weit um sich greifenden Erdbeben liesse sich freilich, wie es auch geschehen ist, annehmen, dass die Auswaschungen gleichzeitig grosse unterirdische Flächenräume be-

*) Cotta a. a. O. S. 138.

troffen hätten. Das würde unter gewissen Beschränkungen, sagt Cotta, ganz zulässig sein; „es könuen in einer bestimmten, dazu geeigneten Schicht oder Schichtengruppe zahlreiche Höhlungen ungefähr gleichzeitig ausgespült werden, und sobald eine derselben einstürzt, werden ihr möglicher Weise alle anderen folgen, wenn sie auch für sich allein noch nicht reif dazu waren; aber die Grösse und Gestalt des auf diese Weise erschütterten Flächenraumes würde dann allemal von der besondern Beschaffenheit des innern Erdbaues abhängen. Das Erschütterungsgebiet könnte nicht viel grösser und nicht viel anders gestaltet sein, als die innere horizontale Verbreitung der betreffenden Schicht.“ Wenn man jedoch die auf Karten verzeichneten Erschütterungsgebiete der am besten bekannten Erdbeben mit geologischen Karten derselben Gegend vergleiche, so finde sich bald, dass ihre Lage, Gestalt und Grösse durchaus nicht mit einem denkbaren unterirdischen Gesteinsverbreitungsgebiet übereinstimme. Besonders deutlich werde das bei allen ausgedehnteren Erdbeben der Schweiz, deren ziemlich gut bekannter innerer Bau ein so äusserst wechselnder und complicirter sei; aber auch das Erdbeben, welches am 29. Juli 1846 das Mittelrheingebiet erschütterte, liefere in dieser Beziehung einen höchst schlagenden Beweis gegen die Einsturztheorie.

Allerdings scheinen jene heftigen und sehr ausgedehnten Erdbeben zu bekunden, dass ihre Ursache in einer sehr bedeutenden Tiefe liegt, so dass sich in Ansehung derselben die plutonistische Theorie vornehmlich empfiehlt. Auch das gruppenweise Vorkommen vieler Vulkane und die sehr in die Länge ausgedehnte Gestalt der meisten Gruppen deutet auf eine sehr beträchtliche Tiefe des gemeinschaftlichen vulkanischen Heerdes hin, wie bereits oben (S. 106) hervorgehoben wurde. Dazu wollen wir noch bemerken, dass unterirdische, durch Auswaschung entstandene Hohlräume unter Umständen auf die Intensität und Fortpflanzung einer Erschütterung, selbst wenn diese ihren Anlass in einer Reaction des heissflüssigen Erdinnern gegen die starre Erdkruste hat, nicht ohne erheblichen Einfluss bleiben können, mögen dieselben nun als solche sich erhalten oder in Folge des plutonischen Erdbebens einstürzen.

Gegen die plutonistische Ansicht von der Entstehung der Erdbeben und Vulkane hat man eingewendet, dass die Beobachtungen, auf welche man die Annahme eines schmelzflüssigen Zustandes des Erdinnern stütze, sich im Vergleich zum ganzen Erdhalbmesser nur

bis zu einer sehr geringen Tiefe erstrecken, im Maximum etwa bis zu 2500 Fuss unter den Meeresspiegel. Allerdings ist jene Annahme nicht durch directe Beobachtungen sicher gestellt. Man hat überall, soweit die zahlreichen, hierher gehörigen Beobachtungen reichen, eine Zunahme der inneren Erdwärme mit wachsender Tiefe gefunden und daher es nicht als unwahrscheinlich erachtet, dass eine solche Zunahme auch tiefer hinab unausgesetzt stattfinde und darum die Hitze endlich den Schmelzpunkt aller uns bekannten Gesteine erreichen müsse. Doch stützt sich die in Rede stehende Annahme nicht allein auf diese Beobachtungen, sondern noch auf verschiedene andere Gründe (S. 71 ff.)

Von Seiten der neptunistischen Geologie wird zugestanden, dass im Innern der Erde eine Wärmezunahme stattfindet; sie dürfe aber nicht bis zur Schmelzhitze der Granite, Syenite und Basalte ausgedehnt werden, da die Eigenschaften dieser Gesteine eine schmelzflüssige Entstehung verneinten. Die Ursache der inneren Erdwärme sei die in Wärme umgesetzte Arbeit der Sonne *). Durch die letztere wird tropfbares Wasser in den Gaszustand übergeführt und in der Form von Wolken über die ganze Erde verbreitet. Aus der Atmosphäre fällt es herab, dringt in die Erde ein, und kommt mit Bestandtheilen der Erde beladen wieder aus derselben hervor. Namentlich sind es die Flüsse, welche mit gelösten Bestandtheilen des Festlandes dem Meere zueilen. Volger nennt dieselben unsichtbare Berge, welche unbemerkt an uns vorüberfliessen. Die Bestandtheile des Grundwassers, das als Brunnenwasser unterirdisch in die Flüsse tritt, kommen alle aus dem Innern der Erde und geben nach Vermischung mit dem oberirdischen Regenwasser die Zusammensetzung des Flusswassers. Wenn das Rheinwasser bei Basel in 100000 Theilen nach der Analyse **) nahezu 20 Theile feste, aufgelöste Bestandtheile, grösstentheils kohlensauren Kalk, enthält, so führt es nach dem Querschnitt des Rheins und seiner Geschwindigkeit jährlich eine Masse von 44 Millionen Kubikfuss Kalkfels, im Ganzen 59 Millionen fester Bestandtheile weg. Bei Emmerich gehen jährlich 138 Millionen Kubikfuss vorbei. Einer Berechnung zufolge könnte die seit 5000 Jahren ausgeführte Steinmasse das ganze Flussgebiet des Rheines von 3500 Quadratmeilen mit einer

*) Mohr, a. a. O. S. 293 ff.

**) s. G. Bischof, Geologie II.

fusshohen Schicht Fels bedecken. Wo diese Gesteine als Ganzes weggenommen werden, entsteht eine Höhlung, wo sie aber als einzelne Bestandtheile gewissen Gesteinen entzogen werden, erleiden diese eine Schwächung in ihrem Zusammenhange, und können dann auf die Dauer dem Drucke der auflagernden Schichten nicht widerstehen.

Die durch Auswaschen der Erde nothwendig herbeigeführten Senkungsbewegungen können nun nicht ohne Wärmeentwickelung stattfinden. Mögen auch diese Senkungen äusserst langsam vor sich gehen und Jahrhunderte lang oft ganz unbemerkbar sein, so ist ihre Wirkung, heisst es, dennoch gross durch die ungeheure Masse der sich senkenden Schichten. Wegen der geringen Wärmeleitungsfähigkeit der Erde werden die Wirkungen sich addiren, selbst wenn die Zeiten sehr weit auseinander liegen. Nothwendig müsse aber, da täglich grosse Massen fester Stoffe aus dem Erdinnern durch Quellen und unterirdischen Wasserlauf zu Tage kommen, im Laufe der Zeit eine diesen Massen entsprechende Wärmeentwickelung in der Erde stattfinden. Dies wird als die wesentliche Ursache der allgemeinen Wärme des Erdinnern angesehen. Der Sitz dieser Wärmeentwickelung liegt wohl nur, wie Mohr selbst bemerkt, in den obersten Schichten der Erde, bis wohin lösende Wasser eindringen. Es bleibt unsicher, ob man diese Schichten zu 1 oder mehreren Meilen Dicke annehmen soll. — „Kommen in der Erde Eisenoxyd und organische Stoffe bei Gegenwart von Wasser miteinander in Berührung, so entsteht Kohlensäure, die aus der Erde entweicht. Der von ihr eingenommene Raum gibt ebenfalls zu Bewegungen Anlass, und der Vorgang der Oxydation selbst macht Wärme frei.“ Als eine andere Wärmequelle wird die entstehende Cohäsion bezeichnet *). Wie durch Hinzutreten von Wärme Cohäsion verschwindet, so muss durch Eintreten von Cohäsion Wärme frei werden. Jede Cohäsionszunahme ist mit einer Wärmeentwickelung verknüpft. Wenn der Thonschlamm der Flüsse im Meere, der Sand der Dünen, die lockeren Gehäuse der Foraminiferen im Laufe der Zeit zu Thonschiefer, Sandstein und Kalkgebirgen erstarren, so entspricht diesem Vorgange eine langsame aber ewig (!) dauernde Wärmeentwickelung; „denn die verdichtenden, kittenden Stoffe waren gelöst in meteorischem Wasser, dessen Wärme von

*) Mohr a. a. O. S 299

der Sonne abstammt, und sind in feste Gesteine übergegangen." Ebenso finde eine ewig (!) dauernde Bildung der krystallinischen Silicate durch infiltrirte, mittelst Sonnenwärme gewärmte Flüssigkeiten statt, und in der Bildung dieser Gesteine liege der hauptsächlichste Grund zu den Hebungen der Erde in der Form von Gebirgen. Kein Land könne sich senken, ohne einen entsprechenden Wärmeeffect zu erzeugen, kein Land könne sich heben, ohne im Innern eine entsprechende Cohäsionszunahme und Wärmeentwickelung zu bergen. Nun sehe man aber, dass Land und Meer im ewigen Wechsel stehen, dass die auf dem Festlande befindlichen Kalkgebirge, Sandsteinberge, Steinsalz- und Steinkohlenlager unzweifelhaft vom Meere abstammen und in ihm entstanden sind, und dies sei ohne eine entsprechende Wärmeentwickelung nicht denkbar. „Der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung ist unverkennbar. Die Temperatur der von aussen eindringenden Flüssigkeiten stammt von der Sonne; die Wirkung derselben in Steinbildung und Steinzerstörung als Wärme bleibt in der Erde, und so ist alle innere Erdwärme mittelbar von der Sonne abstammend, sie ist: Arbeit der Sonne, und stammt durch die Sonne, wie alle Kraft, von jenem ungeheuren Vorrath von Kraft her, der als Licht und Wärme im Weltenraum in Kreislauf ist."

Wir stehen nicht an zu bekennen, dass die bezeichneten Vorgänge eine gewisse Wärmeentwickelung mit sich führen müssen. Doch ist mit alledem, was wir in dieser Beziehung vernommen, die Frage, um die es sich eigentlich handelt, keineswegs endgiltig entschieden. Das Hauptargument, um dessenwillen Mohr die Annahme eines schmelzflüssigen Erdinnern zurückweist, liegt doch vornehmlich in der von ihm gehegten Ueberzeugung, dass die Eigenschaften der Silicatgesteine mit einer Entstehung auf schmelzflüssigem Wege nicht vereinbar seien. Dies führt uns zurück auf den Streit über die Entstehung jener Gesteine, wegen dessen wir auf unsere früheren Betrachtungen (S. 92 f.) verweisen müssen.

Wenn Mohr am Schlusse seiner Reflexionen über die innere Erdwärme sagt: die herrschende geologische Schule erkläre die Erdwärme gar nicht, sondern nehme diese als gegeben an, indem sie den ganzen innern Erdkern als noch im schmelzflüssigen Zustande befindlich ansieht, so ist das nicht ganz zutreffend, da man die Existenz eines schmelzflüssigen Zustandes des Erdinnern eben auf Grund verschiedener Thatsachen, die sich zum Theil allerdings

auch anders deuten lassen, angenommen hat. Was aber die Erklärung dieses Zustandes angeht, so lässt sich dieselbe leicht auf eine Umsetzung von Bewegung in Wärme, die selbst eine Art der Bewegung ist, zurückführen. Diese Umsetzung geschah vornehmlich zu jener Zeit, als die Massentheilchen der betreffenden Stoffe einander zur Bildung der Erdkugel oder des ihr zum Grunde liegenden grösseren Sphäroids begegneten.

Gewiss ist die Existenz eines schmelzflüssigen Erdinnern nicht unwahrscheinlich. Es spricht dafür die mit wachsender Tiefe ziemlich rasch erfolgende Temperaturzunahme der Erde, von jener Schicht an, wo die von der Sonne herrührenden Wärmeänderungen verschwinden *). Diese Wärmezunahme fand man selbst

*) Fourier (Ann. de chim. et phys. T. XIII., XXVII.; Théorie analytique de la chaleur) hat dargethan, dass die höhere Temperatur des Erdinnern nicht auf einer Anhäufung von Sonnenwärme beruhen kann, daher dieselbe auch von ihm als Ueberrest einer ehemaligen sehr intensiven Wärme des ganzen Erdkörpers angesehen ward.

Dagegen dachte sich Poisson (Théorie de la chaleur, 1835; Ann. de chim. et phys. LXIV, 1837) die Temperaturzunahme der Erde nach innen als eine Folge der progressiven Bewegung des Planetensystems im Weltraume. Bei dieser Bewegung entfernt sich die Erde von gewissen Sternen, während sie andern sich nähert und somit neuen Temperatureinflüssen ausgesetzt wird. Falls nun die Erde in einem bestimmten Theile des Himmelsraumes lange genug verweilt, wird sie dessen Temperatur in ihrer ganzen Masse annehmen. Gelangt sie dann in eine andere Region von geringerer Temperatur, so wird sie erkalten und ihre Temperatur von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte hin wachsen, bis ihre ganze Masse die neue Temperatur angenommen hat. Das Gegentheil wird sich ereignen, wenn die Erde in eine Region von höherer Temperatur als die ursprünglich gesetzte übergeht. Durchwandert sie aber abwechselnd Regionen höherer und niederer Temperatur in Zeiträumen, welche nicht so gross sind, dass die ganze Masse des Erdkörpers jede neue Temperatur annehmen kann, so entstehen daraus mehr oder minder rasche Zunahmen und Abnahmen der Temperatur, welche sich nur bis zu einer gewissen Tiefe erstrecken werden. Dermalen soll sich die Erde in einer Region des Himmelsraumes befinden, deren Temperatur geringer ist als die der Region, worin sie sich in früheren Zeiten befand.

Gegen die Möglichkeit derartiger Vorgänge lässt sich nichts einwenden. Wohl aber erscheinen die Einwürfe, welche Poisson gegen die Annahme einer schmelzflüssigen Innenmasse geltend machte, nicht sehr triftig. Namentlich wurde von ihm bezweifelt, ob unter dem starken Drucke so schwerer Flüssigkeitsmassen, wie sie angenommen werden müssten, die dem Erdkern näher liegende Flüssigkeit sich als solche behaupten könnte; man müsse vielmehr annehmen, dass die Erstarrung ungeachtet der hohen Temperatur wegen des starken Druckes und des Hinabsinkens der an der Aussenfläche zuerst starr gewordenen Massen im Mittel-

an Orten, wo die mittlere Jahrestemperatur unter 0° liegt und der Boden bis zu einer gewissen, nicht unbeträchtlichen Tiefe fortwährend gefroren bleibt. So ergab sich zu Jakuzk (62° N. Br.) in einem vom Kaufmann Schergin angelegten Schacht mit wachsender Tiefe eine beständige Zunahme der Temperatur. Ebenso sprechen für die Existenz eines heissflüssigen Erdinnern u. a. die Lagerungsverhältnisse der krystallinisch-massigen Gesteine, insofern dieselben eine Entstehung dieser Gesteine durch Erstarren aus einem schmelzflüssigen Zustande bekunden, wie sich denn auch die heftigen, weit ausgedehnten Erdbeben und die vulkanischen Erscheinungen am schicklichsten aus einer Reaction des heissflüssigen Erdinnern gegen die starre Erdkruste erklären lassen. Demnach müssen wir aber auch einen ehemaligen heissflüssigen Zustand des ganzen Erdkörpers, so wie einen zeitlichen Anfang der Erdbildung überhaupt annehmen. Doch würde sich in letzterer Beziehung kein wesentlicher Unterschied ergeben, wenn man statt der Entstehung aus einem heissflüssigen Zustande einen hydrochemischen Ursprung der Silicatgesteine im Sinne der neptunistischen Geologie statuiren wollte oder müsste.

Vergegenwärtigen wir uns schliesslich die mannigfachen Veränderungen, welchen der Erdkörper unterworfen ist, so scheint ein ewiges Fortbestehen desselben in seinen heutigen Formen nur unter Voraussetzung eines ewigen Kreislaufes denkbar. Während an einem Orte Veränderungen in einem bestimmten Sinne stattfinden, müssen an anderen Orten auch Veränderungen im entgegengesetz-

punkte begonnen habe und von da gegen die Oberfläche fortgeschritten sei. Indessen erscheint die Fortexistenz einer flüssigen Innenmasse in Rücksicht jenes starken Druckes vom Standpunkte der heutigen Wärmelehre aus angesehen keineswegs unbegreiflich. Weiter bezweifelte Poisson, ob die verhältnissmässig dünne Erdkruste (von etwa 7 geogr. Meil. Dicke) dem inneren Drucke hinreichenden Widerstand leisten könnte und nicht zersprengt werden müsste. Indessen wirkt ja diesem inneren Druck ein starker äusserer Druck entgegen. Allerdings mögen in früheren Zeiten Zersprengungen der zuerst starr gewordenen Massen öfter in beträchtlichem Maasse stattgefunden haben, wohingegen die jetzige Reaction der heissflüssigen Innenmasse gegen die starre Erdkruste grösstentheils nur mehr oder minder ausgedehnte Erderschütterungen und locale vulkanische Erscheinungen zur Folge hat. — Jedenfalls wird man bei Beurtheilung der Wahrscheinlichkeit der Existenz eines schmelzflüssigen Erdinnern den Blick auf die Gesammtheit aller betreffenden — astronomischen, physikalischen und geologischen — Thatsachen richten müssen.

ten Sinne vor sich gehen, dergestalt, dass dieselben Zustände immer wiederkehren, und so im Grossen und Ganzen der Zustand der Welt unverändert bleibt. Doch sind nicht alle hier in Betracht kommenden Veränderungen in einem solchen Kreislaufe begriffen. Man hat wohl den Gedanken, die Welt könne ewig in gleicher Weise fortbestehen, auf den ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, den man in einer weiteren Fassung den Satz von der Erhaltung der (lebendigen) Kraft oder Energie nennt, zu stützen gesucht. Demzufolge kann sich nämlich eine Form der Kraft oder Energie in eine andere Form der Energie verwandeln, aber an der Quantität der Energie geht dabei nie etwas verloren, sondern die gesammte in der Welt vorhandene Energie ist eben so constant, wie die gesammte Menge des in der Welt vorhandenen Stoffes. Indessen gewährt dieser ohne Zweifel richtige Satz, der auch in einer gewissen Beziehung die Unveränderlichkeit des Weltalls ausdrückt, keine Bestätigung der Ansicht, nach welcher der ganze Zustand des Weltalls unveränderlich und im ewigen Kreislaufe begriffen sein soll; vielmehr hat sich aus dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie, den Clausius den Satz von der Aequivalenz der Verwandelungen nennt, ergeben, dass in der Welt nicht alles Kreislauf ist, sondern dass sie ihren Zustand fort und fort in einem gewissen Sinne ändert und so im Laufe unermesslicher Zeiträume einen Grenzzustand erreichen wird (S 64). Gesetzt aber auch, es bestände ein derartiger Kreislauf, vermöge dessen die Zustände der Welt und unserer Erde im Grossen und Ganzen unverändert blieben, so könnte derselbe doch im Hinblick auf die Beschaffenheit der ihn bewirkenden Ursachen nicht als ein von Ewigkeit her bestehender gedacht werden.

Die Geologie selbst bietet uns einen Complex von Ereignissen dar, der vermuthen lässt, dass die dermaligen Verhältnisse unserer Erde im Laufe der Zeit eine durchgreifende Veränderung erleiden werden. Wir haben zu wiederholten Malen die Wirkungen hervorgehoben, welche das Wasser auf die Gebirge und alle über den Meeresspiegel hervorragenden Theile des Festlandes ausübt. Wir haben bemerkt, dass die Flüsse sehr beträchtliche Mengen fester Theilchen dem Meere zuführen. Indem nun diese Theilchen sich allmälig auf dem Boden des Meeres absetzen, muss derselbe und mit ihm auch der Meeresspiegel eine allmälige Erhöhung erfahren. Wird so das feste Land allmälig erniedrigt, der Meeres-

boden aber zugleich erhöht, so kann es vielleicht, wie schon von Manfredi vermuthet wurde, geschehen, dass das Wasser unserer heutigen Meere, seine bisherige Gleichgewichtsoberfläche mehr und mehr übersteigend, sich endlich über die ganze Erdoberfläche ergiesst. Doch dürfen wir hier nicht übersehen, dass die festen Theilchen, welche Bäche, Flüsse und Ströme in grösserer oder geringerer Menge mit sich führen, auch hier und da zur Erhöhung des Festlandes Verwendung finden, und dass auch das Meer selbst, obschon es an vielen Küsten durch Fluthen und Wellenschlag zerstörend wirkt und Theile des Festlandes verschlingt, anderwärts auch wieder zur Erhöhung und Erweiterung des Festlandes beiträgt. Gleichwohl wird die Summe der Bestandtheile, welche das Wasser dem Festlande entzieht und dem Meere zuführt, im Laufe der Zeit immer grösser werden. Die Gebirge erleiden wirklich eine andauernde, wenn auch meist nur langsam fortschreitende Erniedrigung. Doch werden auch continentale Massen durch innere Kräfte emporgehoben. Mit diesen Hebungen stehen anderwärts Senkungen, z. Th. auch des Meeresbodens, in Beziehung. Man hat also in Anbetracht jener Ueberfluthung der ganzen Erdoberfläche verschiedenen Factoren Rechnung zu tragen, welche der stetigen Erniedrigung der Continente und der damit verknüpften Erhöhung des Meeresgrundes entgegenwirken.

Andrerseits hat man auf die Möglichkeit hingewiesen, dass das Wasser, welches die Erde bedeckt, sich allmälig in deren Innerm vollständig verlieren, und dass daher die Erdoberfläche allmälig ganz austrocknen könne. Bekanntlich erleidet das die Erdoberfläche bedeckende Wasser einen fast fortwährenden Verlust durch Verdunstung, indem die Theilchen der oberen Schichten aus dem tropfbarflüssigen in den gasförmigen Zustand übergehen und sich dann innerhalb der Atmosphäre verbreiten. Nun ist es, wie man weiss, vorzugsweise Meerwasser, welches durch die Sonnenwärme in Dampf verwandelt bei späterer Abkühlung als Regen erscheint, indem die Capacität der Luft für dampfförmiges Wasser mit Abnahme der Wärme geringer wird und daher leicht Regen entstehen kann, wenn die Luft, welche über dem Meere der heisseren Zone gestanden, über kälteren Boden strömt. Indess kann der Regen in Folge einer Temperaturerniedrigung der Luft auf verschiedene Weise herbeigeführt werden; einmal dadurch, dass warme feuchte Luft vertikal emporsteigt und der in ihr enthaltene Was-

serdampf in den oberen Regionen condensirt wird, oder auf die Weise, dass feuchte warme Luft niederer Breiten horizontal nach höheren kälteren Breiten strömt, wo denn ihr Wasserdampf über dem immer kälter werdenden Boden sich condensirt, oder endlich durch das Verdrängen ungleich warmer Luftströme, indem der feuchte warme Aequatorialstrom den kälteren Polarstrom oder umgekehrt dieser jenen verdrängt. Auf ganz analoge Weise entsteht bei hinreichender Temperaturerniedrigung Schnee, indem der Wasserdampf in den starren Aggregatzustand übergeht. Nun dringt das auf die starre Erde fallende Wasser in dieselbe ein, so tief als sie für dasselbe durchdringlich ist. Verschiedene Bodenarten verhalten sich in dieser Beziehung sehr ungleich. So nehmen manche, wie Garten- und Ackererde, das Regenwasser bis zu einer gewissen, jedoch nicht sehr beträchtlichen Tiefe auf, indem es zwischen die einzelnen Partikel eindringt und so die ganze Masse durchnässt und erweicht. Dagegen wird Sand und Geschiebeboden bis zu jeder Tiefe durchsickert, während Thonboden (resp. Lehm) fast undurchdringlich für Wasser ist, nämlich insofern als er dasselbe nicht als freifliessendes hindurchlässt, während er sonst eine nicht unbeträchtliche Wassermenge zwischen seine Poren aufzunehmen und darin festzuhalten vermag. Feste und dichte Felsarten, die an und für sich nur wenig für Wasser durchdringlich sind, lassen dasselbe durch Risse und Klüfte in sehr beträchtliche Tiefen hinabsinken. Je klüftiger ein Gebirge ist und je grösser seine Oberfläche, desto mehr Regenwasser wird in dasselbe eindringen, und zwar allenthalben so tief, bis es auf eine Schicht kommt, die kein Wasser durchlässt und dasselbe nöthigt, sich seitwärts einen Ausweg zu suchen oder aufzustauen. Das eingedrungene Wasser wird in seinem unterirdischen Laufe fortfliessen bis zu einer Stelle, wo die Decke durchbrochen ist und dasselbe denn nach hydrostatischen Gesetzen als natürliche Quelle hervortreten kann. Sonach muss das Entstehen der Quellen, wie ihr Wasserreichthum gar sehr von der Structur der Felsarten, namentlich auch von der Lage und Neigung der Schichten abhängen, indem die atmosphärischen Wasser sich an den Schichtenflächen ansammeln und in deren Richtung herabsickern. Es ist für die Quellenbildung von Bedeutung, dass ausser den Schichten, welche das Wasser auf die eine oder andere Weise leicht durchlassen, auch solche existiren, die für dasselbe relativ undurchdringlich sind. Wo die letzteren als Unter-

lage unter klüftigem Gestein vorkommen, halten sie das von oben herabfallende Wasser auf und können dieses, je nach ihrer Ausdehnung und Neigung in mehr oder minder beträchtlicher Tiefe zum Ausguss bringen. Ueber einer solchen Schicht wird das Wasser so lange abwärts fliessen, bis es an einer geeigneten Stelle, wie schon bemerkt, zu Tage treten kann, falls es nicht auf seinem Wege andere Schichten trifft, die es noch tiefer hinabführen. In den Flötzgebirgen können sehr wohl wasserhaltende mit einer relativ undurchdringlichen Decke versehene Schichten mehrfach über- oder untereinander vorkommen, und zwar bis zu einer beträchtlichen Tiefe hinab. Demgemäss haben wir uns in der starren Erdrinde eine Menge von Wasseradern zu denken, zum Theil von sehr bedeutender Ausdehnung. Manche dieser Adern mögen sich wohl auch ganz im Innern der Erde verlieren, d. h. dergestalt abgesperrt bleiben, dass sie nicht quellenförmig hervortreten können.

Nun sammelt sich das Wasser der Quellen zu Bächen, Flüssen und Strömen an, durch welche dem Meere das Wasser, welches der Luftkreis aus demselben dampfförmig aufgenommen, wieder grossentheils zugeführt wird. Auch das in starrer Form herabfallende Wasser trägt, indem es an der Erdoberfläche schmilzt, zur Speisung der Quellen, Bäche und Flüsse bei. In den Hochgebirgen giebt es Quellen und Bäche, die vorzugsweise von dem Schmelzwasser des Schnees und Gletschereises ihre Nahrung empfangen. Bekanntlich gelangen auch beträchtliche Mengen von Polareis durch Meeresströmungen in niedere Breiten, indem dasselbe mit dem Beginn der wärmeren Jahreszeit unter dem Einflusse der höher steigenden Sonne in Bewegung geräth. Auf der nördlichen Hemisphäre erreicht das Treibeis im atlantischen Ocean den Parallel von 40°. Namentlich werden durch die sogenannte arktische Strömung, welche von Spitzbergen her die Ostküste Grönlands berührt und sich am Ausgange der Davisstrasse mit einer aus dem amerikanischen Eismeere herkommenden Strömung vereinigt, viele Treibeismassen aus der Gegend zwischen Spitzbergen und Grönland, wie aus der Baffinsbai, den mittleren Breiten und dem Golfstrome (im Meridian von Neufundland) zugeführt, wo sie denn rasch schmelzen und eine Temperaturerniedrigung bewirken. Auf der südlichen Hemisphäre treiben ebenfalls bedeutende Eismassen niederen Breiten zu. Die höheren Eisberge, welche ebenso wie die Bruchstücke der Eisfelder von den Polen her in niedere

Breiten gelangen, rühren vorzugsweise von Gletschern her, welche die ins Meer führenden Thäler ausfüllen und sich von hier aus weiter in dasselbe fortbewegen. Mächtige Stücke lösen sich ab, stürzen ins Meer und bewegen sich denn als Eisberge fort. So werden die Thäler, welche sich von den Gebirgen Grönlands an die Küste der Baffinsbai herabziehen, von Gletschern erfüllt, deren vorderer vertikaler Absturz nach Ross eine Höhe von nahe 1000 Fuss erreichen soll. Mächtige Eismassen werden auch durch die sibirischen Ströme, wenn im Frühling die Eisdecke dieser Ströme bricht, aus südlicheren Breiten dem nördlichen Polarmeere zugeführt, wo sie als Süsswassereis in dem salzigen Meerwasser rasch schmelzen und zu Triftströmungen Anlass geben. Endlich gelangt der Wasserdampf, welchen die Atmosphäre aus dem Meere aufnimmt, zum Theil auch unmittelbar als Regen zu demselben zurück. Auf der offenen See regnet es ebenfalls, obschon viel weniger als in der Nähe des Landes oder der Inseln. Ein mächtiger Regen erfordert eine hohe Wolke, damit die ganze von Wasserdampf erfüllte Luftschicht zwischen der Wolke und der Grundfläche zur Vergrösserung der Regentropfen mitwirke. Ueber dem Meere schweben die Wolken im Allgemeinen niedriger als über dem Festlande. Sehr mächtige Niederschläge ereignen sich namentlich da, wo ein wärmeres Meer eine kältere Küste bespült. Bekannt ist der den Regen steigernde Einfluss der Gebirge, vornehmlich auf der dem feuchten Luftstrome zugekehrten Seite.

Nach alledem lässt sich nun dennoch die Frage erheben, ob das Meer die grosse Wassermenge, welche es dampfförmig an den Luftkreis unserer Erde abgibt, wieder vollständig zurückempfängt. Man hat in Ansehung verschiedener Flussgebiete das Wasserquantum, welches durch die betreffenden Flüsse dem Meere zugeführt wird, mit den auf diese Gebiete fallenden Regenmengen verglichen und gefunden, dass das durch einen bestimmten Fluss abgeführte Wasser nur etwa die Hälfte von der Regenmenge beträgt, welche dem Flussgebiete zufällt. Ein nicht unbeträchtlicher Theil dieser Regenmenge kehrt durch Verdunstung unmittelbar in die Atmosphäre zurück, während ein anderes Quantum, das den Boden bis zu einer gewissen Tiefe durchdringt, von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen wird, und theils in den letzteren bleibt, theils durch die Blätter entweicht. Auch jener Antheil kehrt, wenn die Pflanzen verdorren oder austrocknen, in die Atmosphäre zurück. Im Acte

der Verwesung mag auch der Wasserstoff, der während des Vegetationsprocesses in Folge einer Zersetzung des Wassers ein Bestandtheil der Pflanze wurde, durch Verbindung mit Sauerstoff wieder die Form von Wasser annehmen. Nun kann das in die Atmosphäre zurückkehrende Regenwasser im Hinblick auf den Ocean nicht als bleibender Verlust erachtet werden, eben so wenig wie das in die Erdrinde tiefer eindringende, aber in der Form von Quellen wieder zu Tage tretende Wasser. Man darf wohl annehmen, dass sowohl in Anbetracht des mittleren Dampfgehaltes der Atmosphäre als auch rücksichtlich der von dem Ocean sich (im Mittel) erhebenden Dampfmenge eine gewisse Constanz obwaltet, und auch der Ocean im Laufe einer längeren oder kürzeren Zeit das von ihm an den Luftkreis abgegebene Wasser wieder vollständig zurück erhält, falls nicht ein gewisser Theil des Regenwassers sich im Innern der Erde ganz und gar verliert und dieser Verlust im Laufe der Zeit sich immer erneuernd mehr und mehr anwächst. Nach der obigen Betrachtung über die Quellenbildung müssen wir uns die Erdrinde von vielen Wasseradern durchzogen denken, von denen wohl manche, wie wir bemerkten, im Innern der Erde ganz abgesperrt sind, so dass dieselben nicht als Quellen irgendwo hervortreten können. Doch würden solche Wasseradern hier ohne Bedeutung sein, wenn die Räume, welche sie füllen, im Laufe der Zeit keine erhebliche Veränderungen erleiden. Man könnte sie dann in dem gesammten Wassersysteme unserer Erde als gewisse constante Glieder betrachten, die vielleicht schon vor Herstellung eines Gleichgewichtes zwischen der dem Ocean zuströmenden und der an seiner Oberfläche verdunstenden Wassermenge entstanden. Veränderungen mögen durch Erdbeben herbeigeführt werden, jedoch bezüglich längerer Zeiträume wahrscheinlich wechselnd in positivem und negativem Sinne, so dass manche Quellen versiegen, dagegen zuvor abgesperrte Wasseradern sich öffnen. Auch mögen verschiedene Wasseradern und darunter vielleicht sehr mächtige, die durch atmosphärisches Wasser genährt werden, sich in der Tiefe unmittelbar ins Meer ergiessen. Wird hingegen atmosphärisches Wasser von Erdspalten und Klüften, die sich im Laufe der Zeit nach innen zu erweitern und verlängern, aufgenommen und allmälig tiefer abwärts geführt: so kann dies endlich zu einer vollständigen Austrocknung der Erdoberfläche führen, indem der Verlust, welchen das die Erde bedeckende Wasser durch Verdunstung erleidet, nicht

vollständig wieder ersetzt wird. Indessen kann das durch die Erdrinde sickernde Wasser nur bis zu einer gewissen Tiefe eindringen, falls die Temperatur der Erdmasse mit wachsender Tiefe beständig zunimmt. In die Region der inneren Glühhitze gelangend muss es in die Dampfform übergehen und daher wieder aufwärts streben. In dem Maasse aber, als die schmelzflüssige Innenmasse erkaltet und demgemäss die Dicke der starren Erdkruste zunimmt, wird auch das herabfallende Wasser tiefer in die Erde eindringen. Obschon die Wassermenge des Oceans eine sehr beträchtliche Grösse darstellt, so ist sie doch im Vergleich zum Cubikinhalte des ganzen Erdkörpers sehr gering; daher sie von dem letzteren allerdings vollständig in seinem Innern aufgenommen werden könnte. Wie langsam oder schnell die Erkaltung der Erde nach innen fortschreitet, lässt sich freilich nicht genau bestimmen. Sicher muss aber die Abkühlung der Erde und das Fortschreiten der Wassermassen gegen das Innere unausgesetzt vor sich gehen; daher denn auch eine beständige, obgleich langsame Verminderung der Wassermenge an der Oberfläche statthaben wird, wenn nämlich mit zunehmender Dicke der starren Erdkruste sich Risse und Spalten bilden, welche das Wasser allmälig tiefer abwärts führen, dergestalt, dass es nicht an irgend welchen Stellen der Erdoberfläche wieder quellenförmig zu Tage treten kann. Die Bedingungen zu einem derartigen Hervortreten des in die Erde eingedrungenen Wassers werden aber, wie leicht ersichtlich, in um so geringerem Maasse vorhanden sein, je weniger durch dieses Wasser in Folge der zunehmenden Erkaltung des Erdinnern Anlass zum Emporheben continentaler Massen gegeben ist, und je mehr bereits durch die Wirkung des Wassers selbst die Erhabenheiten des Festlandes erniedrigt, der Meeresboden hingegen erhöht worden. Sonach ergiebt sich eine gewisse Beziehung zwischen der Möglichkeit einer dereinstigen vollständigen Austrocknung der Erdoberfläche und der oben (S. 120 f.) besprochenen Möglichkeit einer Ueberfluthung aller Continente von dem Wasser des Oceans.

Neuerdings suchte namentlich Murray die allmälige Abnahme des Meerwassers darzuthun. Nach seiner Ansicht nimmt das Land an Ausdehnung stetig ab, während die mittlere, wie auch die grösste Tiefe der Meere allmälig geringer werde. Eine Stütze für diese Ansicht sieht Murray zuvörderst in der Wahrnehmung, dass die fossilen organischen Reste der älteren Erdepochen alle dem Meere ange-

hören. Die Dicke der betreffenden Ablagerungen soll die Bildung der späteren Epochen so bedeutend übertreffen, dass man daraus entnehmen müsse, die Erde sei zu jenen Zeiten vollständig mit Wasser bedeckt gewesen. Als Hauptursache der stetigen Verminderung der Wassermengen an der Erdoberfläche wird die grosse chemische Verwandtschaft bezeichnet, welche das Wasser, dessen Elemente seit dem Beginne der Erdgeschichte weder vermehrt noch vermindert sein könnten, zu den Bestandtheilen der Mineralien habe. Nun bilde die Erdrinde, wie die vulkanischen Erscheinungen deutlich bekunden, nur einen kleinen Theil des Erdkörpers; doch nehme ihre Dicke durch Abkühlung zu. In den geschmolzenen Massen des Erdinnern könne aber kein Wasser enthalten sein; vielmehr würden die Mineralien das Wasser erst aufnehmen, wenn sie sich abkühlten. Indem nun dieser Abkühlungsprocess immer weiter fortschreitet, müsse die Menge des an der Erdoberfläche vorhandenen Wassers so lange abnehmen, als noch im Innern nicht abgekühlte und wasserfreie Massen befindlich sind, — bis endlich der ganze Erdkörper erkaltet und alles Wasser an der Oberfläche von demselben absorbirt ist. Zu Gunsten seiner Ansicht beruft sich Murray noch insbesondere auf die Korallen-Inseln der Südsee *). Nach ihm bauen die Polypen ihre Korallen-Riffe so weit aufwärts, als das Wasser es zulässt; daher diese Riffe nahe unter dem Wasserspiegel sehr ausgedehnte Flächen bilden werden. Durch Sinken des Meeresspiegels entstehen dann solche Inselgruppen, wie sie Polynesien darbietet.

Ferner zeigt sich von Seiten der Astronomie die Möglichkeit eines dereinstigen Unterganges der Erde, wie aller zu unserem Sonnensystem gehörigen Glieder, obschon man diesem System in gewisser Beziehung eine ewige Stabilität zuschreiben kann, insofern nämlich als durch die einmal vorhandene Vertheilung der Planetenmassen und das Verhältniss ihrer Bahnen einer endlichen Zerstörung desselben vorgebeugt ist. Freilich erleidet die Bewegung der Planeten um die Sonne gewisse Störungen, da nicht bloss zwischen der Sonne und den Planeten, sondern auch zwischen den letzteren selbst Gravitation besteht. Doch kann die elliptische Bewegung eines Planeten, die wegen der überwiegenden Masse der

*) S. Wochenblatt zur Verbreitung der Fortschritte in d. Naturwissenschaften, von W. Sklarek. Berlin 1869. Nr. 1.

Sonne vornehmlich durch die letztere bestimmt wird, auf eine bemerkliche Weise nur durch solche Glieder des Systems gestört werden, die demselben näher stehen und deren Massen nicht zu geringfügig sind. Die Störung hält sich innerhalb gewisser Grenzen und erfolgt periodisch, so dass nach einer gewissen Zeit eine vollständige Ausgleichung stattfindet. Die periodischen Störungen im engeren Sinne bestehen gewissermassen in einer oscillatorischen Bewegung des gestörten Körpers, die sich theils auf der einen, theils auf der anderen Seite der normalen Bahn vollzieht, so dass diese selbst keine bleibende Aenderung erfährt. Die secularen Störungen, deren Perioden viele Jahrtausende umfassen, führen eine Aenderung in den Elementen der Bahn mit sich. Diese Elemente sind namentlich die Lage der Ebene der elliptischen Bahn, die Lage ihrer grossen Axe in der bezeichneten Ebene, und die Excentricität der Ellipse. Da indess die von solchen Störungen herrührenden Aenderungen sich vollständig ausgleichen, namentlich die grossen Axen der Bahnen und auch die mittleren Bewegungen der Planeten unverändert bleiben, so kann die Stabilität des ganzen Systems nicht wesentlich alterirt werden. Dabei ist jedoch vorausgesetzt, dass sich der Bewegung der Planeten kein sonstiger Widerstand entgegenstellt. Geschieht diese Bewegung in einem widerstehenden Medium, so muss sich ihre anfängliche Geschwindigkeit fortwährend vermindern und ihre Richtung, da die Intensität der Centralkraft unvermindert bleibt, mehr und mehr dem Centralkörper zuwenden. Die Excentricität der elliptischen Bahn wird durch den Widerstand des Mittels immer kleiner werden und die Bahn sich demgemäss der Kreisform nähern. Indem damit auch die grosse Axe der Bahn immer geringer wird, muss sich der Körper in einer Spirale dem Centralkörper nähern und endlich mit diesem zusammenfallen. Auch die Rotationsbewegung muss durch das widerstehende Mittel verzögert und zuletzt aufgehoben werden. Nun lässt sich ein solches widerstehendes Mittel in dem Aether vermuthen, auf dessen undulatorische Bewegung man die Erscheinungen des Lichtes und der strahlenden Wärme zurückführt. Ein Widerstand von Seiten dieses Aethers hat sich zuvörderst bei den Kometen als einigermassen wahrscheinlich ergeben, während man in den Bewegungen der Planeten und Trabanten bislang keine Spur eines derartigen Widerstandes wahrnehmen konnte, was freilich wegen der im Vergleich zu den Kometen so beträchtlichen

Masse dieser Weltkörper nicht befremdlich ist. Doch dürfte wohl auch bei ihnen, falls die Bewegung der Kometen durch den Aether wirklich gehemmt wird*), ein Widerstand desselben, obschon in viel geringerem Maasse nicht fehlen, und daher auch nach Ablauf einer allerdings sehr langen Zeit das oben ausgesprochene Resultat statthaben, wenn solches nicht etwa durch irgend eine bis jetzt unbekannte Compensation verhütet wird**).

Eine die Axendrehung der Erde hemmende Ursache erkannte R. Mayer***) in den Fluthwellen des Meeres. Während die Erde sich von West nach Ost um ihre Axe dreht, sucht der Mond den ihm zugekehrten oberen Fluthberg stets in einer jener Drehung entgegengesetzten Richtung zu bewegen, hingegen den unteren Fluthberg in einer mit der Axendrehung der Erde übereinstimmenden Richtung. In Folge des Umstandes nun, dass der obere Fluthberg grösser als der untere ist und vom Monde stärker angezogen wird, resultirt ein Ueberschuss an Druck in der Richtung, welche der Axendrehung der Erde entgegengesetzt ist. Dies bedingt eine Verminderung der Rotationsstärke der Erde und demgemäss eine Verlängerung des Sterntages, die sich neueren Ermittelungen zufolge wirklich, obschon in sehr geringem Maasse, herausgestellt zu haben scheint. Indessen soll ein nicht unbeträchtlicher

*) Nach Bessel kann freilich die dem Widerstande des Aethers zugeschriebene Verkürzung der Umlaufszeit mancher Kometen auch durch andere Einflüsse bedingt sein.

**) Es würde hier keinen wesentlichen Unterschied ergeben, wenn man anstatt des Aethers sehr dünne atmosphärische Luft im Weltraume annehmen wollte, zumal wenn dieselbe noch so dicht sein soll, dass sie in ungeheuren Entfernungen von Sonne und Erde vermöge der Reibung mit den Kometenmassen diese glühend und leuchtend (?) machen kann (s. Meibauer, der Novemberschwarm der Sternschnuppen. 1868). — Beiläufig sei erwähnt, dass Huggins bei spectroskopischer Untersuchung eines Kometen (1866) das Licht des Kerns verschieden von dem der Nebelhülle fand. Die letztere leuchtete wahrscheinlich mit reflectirtem Sonnenlicht, wogegen der Kern als selbstleuchtend und im Zustande eines glühenden Gases befindlich erkannt wurde. Bezüglich des Kometen von 1868 (Juni) zeigte sich eine Uebereinstimmung seines Spectrum mit einer Reihe von Kohlenstoffspectren, wie man sie bei Zersetzung von verschiedenen Kohlenstoffverbindungen (Olivenöl oder ölbildendem Gase) erhalten hatte, jedoch mit dem Unterschiede, dass im Kometen die Wasserstofflinien (des ölbildenden Gases) fehlten. Demnach rührte das Licht des Kometenkopfes wohl von leuchtendem Kohlenstoff her.

***) Die Mechanik der Wärme. 1866.

Theil jener hemmenden Kraft zur Compensation einer entgegengesetzten Ursache dienen, welche die Umdrehungszeit der Erde zu verkürzen sucht. Da nämlich, wie Mayer ausführlicher darlegt, die Ausstrahlung der unserer Erde eigenen Wärme die Wärmeeinstrahlung von Seiten der Sonne übertrifft, so muss das Volumen der Erde sich vermindern, was denn ohne jene Compensation eine Beschleunigung ihrer Rotation mit sich führen würde.

Sollte nun die Erde auf die oben charakterisirte Weise — in Folge eines Widerstandes von Seiten des Aethers — mit der Sonne zusammentreffen, so würde sie natürlich alsbald in den schmelzflüssigen Zustand gerathen, vorausgesetzt, dass der Sonne zur Zeit, wo das in Rede stehende Ereigniss eintritt, noch eine so hohe Gluth eignet oder durch den Zusammenstoss der betreffenden Massen eine hinreichend starke Wärmeentwickelung herbeigeführt wird.

Schliesslich bleibt immerhin noch die oben (S. 119 f.) hervorgehobene Möglichkeit, dass die Sonne und mit ihr die Erde vollständig erkaltet und erstarrt. Dies wird geschehen, wenn die Sonne wirklich ihrer ganzen Masse nach, zumal ihr Kern eine heftig glühende Kugel ist, die als solche vermöge der oscillatorischen Bewegung ihrer Theilchen Licht und Wärme aussendet. Sie wird dann sicher, obschon wegen ihrer so bedeutenden räumlichen Ausdehnung nur sehr langsam, durch allmälige Ausstrahlung ihrer Wärme vollständig erkalten. Wenn auch der Sonnenkörper zahllose Asteroiden zu sich heranzieht und durch dieselben, indem sie mit ihm zusammenstossen, eine ihrer Geschwindigkeit entsprechende Wärmeentwickelung bewirkt wird: so kann doch auf solche Weise der Wärmeverlust, welchen die Sonne durch Ausstrahlung erleidet, nicht in alle Ewigkeit hinaus gedeckt werden, da die Anzahl jener kosmischen Massen gewiss nicht unendlich gross ist.

Wir wollen hier noch besonders hervorheben, dass die Anzahl der realen Weltwesen überhaupt, obgleich sie unermesslich gross ist, doch nicht unendlich gross sein kann. Das Unendlich-Grosse kann, als ein schlechthin Unbestimmbares, nicht als ein Ganzes, als eine geschlossene Totalität gedacht werden. Mit ihm verträgt sich nicht der Begriff der Realität. Wer eine unendliche Menge realer Wesen (Atome) annimmt, vollzieht keine unbedingte Setzung, sondern eine solche, die stets mit dem Vorbehalt behaftet ist, noch einiges beizufügen, was eben die Bedeutung hat, dass dem Unend-

lich-Grossen keine Realität zukommt. Analoges zeigen uns die unendlichen Reihen der Mathematik. Keine dieser Reihen bietet uns wirklich eine Totalität unendlich vieler Glieder dar. Wohl aber lässt sich jedes Glied einer solchen Reihe, das man eben erreicht, als der Anfang eines neuen, dem bisherigen gleichartigen Fortschrittes zu andern und andern Gliedern ansehen. Dies kann ohne Ende fortgehen. Das Unendlich-Grosse selbst erreichen wir niemals. Eine unendliche Menge liegt ausser dem Bereiche der Wirklichkeit. Wie nun die Anzahl der realen Wesen, so ist auch die aus ihnen zusammengesetzte Welt im Grossen und Ganzen, wenn schon unermesslich, doch nicht unendlich gross. Alle Weltkörper zusammengenommen bilden eine endliche Summe. Ebenso ist die Summe des wirklichen Geschehens in jedem bestimmten Zeitpunkte eine endliche Grösse. Auch ist leicht ersichtlich, dass niemals geschieht, was erst in unendlicher Zeit geschehen kann. Gäbe es z. B. ein leuchtendes Gestirn in unendlich grossem Abstande von unserer Erde, so würden seine Strahlen erst in unendlicher Zeit, d. h. niemals die Erde treffen können. Obschon also die Weltgrösse, bezogen auf das Reale und wirkliche Geschehen, stets endlich ist und bleibt, so ist doch die Welt nicht in Grenzen eingeschlossen. Den Bewegungen bietet sich überall, abgesehen von positiven Hindernissen, Raum zur Fortsetzung dar. Raum und Zeit bedeuten, als leere Formen, bloss die Möglichkeit, „dass in beliebigen Distanzen ein Dasein und Geschehen könne angetroffen werden.“ Diese Möglichkeit kann durch das Leere nicht begrenzt werden; daher müssen Zeit und Raum als unendlich gross, jene von einer Dimension, dieser von drei Dimensionen, gedacht werden, sobald man jene Möglichkeit in ihrer ganzen Weite zu umfassen sucht. Dagegen ist die Meinung, weil der Raum unendlich sei, müsse die Welt es ebenwohl sein, ein altes Vorurtheil, dessen schon Aristoteles gedenkt, indem er bemerkt, ein Jeder stosse auf die Frage: warum vielmehr hier, als dort, im leeren Raum die Welt sein solle? daher scheine es, wenn irgendwo, so müsse die Materie allenthalben sein. Mit Recht hat man diesen Schluss vom leeren Raume auf die reale Welt als eine Uebereilung bezeichnet. Der leere Raum als solcher ist nichts Reales (kein wahrhaft Seiendes) und darum auch nicht eine reale Bedingung des Geschehens.

Wir haben nun in dieser Abtheilung unserer Schrift zuvörderst eine Reihe factischer Verhältnisse vorgeführt, die vornehmlich zu Gunsten einer Entstehung und Entwickelung des Erdkörpers als solchen sprechen, und sodann bei der Prüfung der verschiedenen geologischen Grundansichten noch mancherlei Vorgänge erörtert, die zum Theil erfahrungsmässig begründet sind und ebenwohl den Gedanken einer Entwickelung der Erde mit zeitlichem Anfang stützen, mag man nun, was die Entstehung der Silicatgesteine betrifft, der plutonistischen oder neptunistischen Geologie beistimmen.

Wenden wir uns jetzt zu den Bewohnern der Erde.

Dritte Abtheilung.

Von der Entstehung der unserer Erde angehörigen Organismen.

Hält man es für gewiss oder wahrscheinlich, dass es für den Erdkörper als solchen eine Entwickelungsgeschichte mit zeitlichem Anfang gibt, so muss man Solches ohne Zweifel auch in Ansehung des organischen Lebens auf der Erde für gewiss oder wahrscheinlich halten. Wir wollen indess die Frage nach der zeitlichen Entstehung des organischen Lebens von verschiedenen Gesichtspunkten aus näher in Betracht ziehen. Zuvörderst richten wir den Blick auf das, was uns die paläontologischen Untersuchungen in dieser Beziehung darbieten.

Als wir oben (S. 41) die sedimentären Formationen betrachteten, gedachten wir auch ihrer organischen Einschlüsse. Man hat nun in Betreff des Vorkommens organischer Ueberreste in den einzelnen übereinanderliegenden Formationen eine gewisse Gesetzmässigkeit gefunden, die sich namentlich auf folgende Umstände bezieht. Je tiefer man nämlich in der Reihe jener Formationen abwärts steigt, desto mehr verschwinden die höheren Organismen sowohl des Thier- als Pflanzenreiches, und um so mehr weichen auch die

einzelnen organischen Formen von den jetzt lebenden ab. Dazu gesellt sich drittens noch der Umstand, dass mit wachsender Tiefe die Spuren klimatischer Zonenunterschiede mehr und mehr verschwinden, indem in weit polwärts gelegenen Gegenden der Erde fossile Organismen vorkommen, welche auf ein ehemals tropisches Klima schliessen lassen.

Sonach bietet sich in der Richtung von unten nach oben eine allmälige Annäherung der organischen Formen an die jetzt lebenden dar und zugleich ein Fortschritt von niederen zu höheren, indem die Pflanzen- und Thierwelt der jetzigen Zeit als die am höchsten organisirte erscheint. In den untersten sedimentären Schichten begegnet man nur blüthenlosen Zellenpflanzen. Dicotyledonische Blüthenpflanzen finden sich erst in der Kreide und erreichen in den tertiären Formationen ihre volle Entwickelung. Doch sind es zunächst noch blumenblattlose und am tiefsten stehende Formen, die sich in erster Reihe darbieten. Die verwachsenblumenblättrigen, welche auf der höchsten Stufe des Pflanzenreiches stehen, zeigen sich erst später in ihrer vollen Entwickelung. Ebenso verräth die Thierwelt einen allmäligen Fortschritt von den einfacher gebauten zu den complicirteren und höher organisirten Formen, so dass beispielsweise die Wirbelthiere in der Ordnung: Fisch, Reptil, Vogel und Säugethier aufeinander folgen. Allerdings finden sich die vier grossen Hauptabtheilungen des Thierreiches, nämlich die Räderthiere, Weich-, Glieder- und Wirbelthiere schon im sogenannten Uebergangsgebirge; doch erscheinen die Wirbelthiere nur in der untersten Klasse: als Fische, die überdies in eigenthümlichen, noch eine tiefe Organisationsstufe verrathenden Formen auftreten. Das Maximum der Tiefe, in welcher man sehr vereinzelte Ueberreste von Reptilien gefunden hat, ist durch die devonischen Ablagerungen markirt. In vollendeter Gestalt treten sie erst in der Trias- und Juraperiode auf. Ueberreste von Säugethieren hat man in grösserer Menge nur bis zu den ältesten tertiären Formationen hinab gefunden. Von hier an erscheinen sie mit wachsender Tiefe immer spärlicher bis zur oberen Trias- und Juraperiode, die noch einzelne auf der niedrigsten Organisationsstufe stehende Arten (Beutelthiere) darbietet. Diesen Thatsachen zufolge bezeichnet O. Heer *)

*) Die Urwelt der Schweiz 1866; — Zeitschr. f. d. Gesammt. Naturw., hersg. von d. naturw. Verein für Sachsen u. Thüringen, Bd. XXVII. S. 43.

die primäre Zeit als die der blüthenlosen Pflanzen und Fische, die secundäre als die Zeit der Nacktsamer und Reptilien, die tertiäre endlich als die der Dikotyledonen und der Säugethiere.

Die zuvor charakterisirte Stufenfolge der Organismen wird insgemein als ein sicheres Ergebniss der paläontologischen Untersuchungen angesehen. Doch ist dieselbe nicht so zu verstehen, als ob in einer fortlaufenden Reihe Glied auf Glied gefolgt sei. Die höchsten Pflanzen schliessen sich keineswegs an die niedrigsten Thiere an; vielmehr findet man die einfachsten einzelligen Thiere den einfachsten Pflanzen so nahe, dass sich eine scharfe Grenzlinie kaum ziehen lässt. Beide Naturreiche laufen in den einfachsten Gebilden zusammen und haben sich von da aus nach verschiedenen Richtungen hin entwickelt. Dabei ist nun innerhalb der einzelnen Hauptabtheilungen des Thier- und Pflanzenreiches, so wie in der Gesammtheit der Organismen eine aufsteigende Stufenfolge, d. h. ein Fortschritt von niederen zu höheren Formen nicht zu verkennen, obgleich die sämmtlichen Organismen der Jetzt- und Vorwelt sich nicht in eine ununterbrochene Stufenreihe bringen lassen.

Ist das ausgesprochene Ergebniss der paläontologischen Untersuchungen völlig gesichert, so folgt daraus zweifellos, dass die höheren organischen Formen der Jetztzeit nicht von Ewigkeit her existiren, sondern wirklich, gleichviel auf welche Weise, entstanden sind; daher denn auch ein zeitlicher Anfang des organischen Lebens überhaupt für sehr wahrscheinlich gehalten werden muss. Dagegen hat man nun freilich hingewiesen auf die verhältnissmässig so geringe Tiefe, bis zu welcher man in die Erdrinde eingedrungen ist, sowie auf die ungeheuren Ländergebiete, die zoologisch und botanisch noch gar nicht untersucht sind. Thatsache sei nur, dass in den tieferen Sedimenten, die man bisher untersucht hat, viele heutige Organismen fehlen, woraus man aber nicht entnehmen könne, dass sie überhaupt fehlen. Demzufolge glaubt Czolbe *) sämmtliche heutige organische Formen in den noch nicht untersuchten Theilen der Erdrinde voraussetzen zu dürfen. Hiegegen ist jedoch zu erinnern, dass die paläontologischen Untersuchungen bisher noch überall, wo sie in umfassender Weise vorgenommen werden konnten, zu dem obigen Ergebniss führten. Nach neueren Entdeckungen scheint die Existenz des Menschen

*) A. a. O. S. 150 f.

allerdings weiter in die Vergangenheit zu reichen, als man sonst annahm. Doch ist durch diese Entdeckungen die oben berührte Stufenfolge der Organismen nicht im mindesten alterirt worden; vielmehr hat sich in neuester Zeit noch Einiges herausgestellt, das sich allenfalls zu Gunsten derselben anführen lässt. Früher sah man als die ältesten sedimentären Ablagerungen insgemein die silurischen an (s. S. 49), welche schon viele Ueberreste von Pflanzen und Thieren enthalten, unter den letzteren auch Wirbelthiere, jedoch nur von der niedrigsten Klasse, nämlich Fische. Aelter als diese silurischen Schichten sind nun die cambrischen, in welchen man verschiedene Meeresconchylien und Crustaceen, aber keine Fischreste gefunden hat. Als die ältesten Schichten mit organischen Ueberresten werden die sogenannten laurentischen bezeichnet. Dieselben enthalten Reste von Foraminiferen, also von Wesen, die auf einer sehr niedrigen Stufe der Organisation stehen. Diese Schichten, die zum Theil schon krystallinisch sind, wurden jüngst von Logan in Canada entdeckt und sollen 18000 Fuss unter den tiefsten silurischen Sedimenten jener Gegend liegen. Man unterscheidet die Ober-Laurentischen, 1000 Fuss mächtig mit Kalksteineinlagerungen, von den Unter-Laurentischen, welche gegen 20000 Fuss mächtig aus Gneiss, Quarzit, Conglomerat und körnigem Kalkstein bestehen. Die Foraminiferen finden sich, wie es heisst, in den krystallinischen Kalksteineinlagerungen, und haben den Namen Eozoon Canadense erhalten. Freilich hat man die thierische Beschaffenheit dieses Eozoon Canadense sehr in Zweifel gezogen, so dass es von verschiedenen als eine anorganische Bildung angesehen wird. Mögen nun jene Schichten Reste von Foraminiferen (S. 42 f.) wirklich enthalten oder von allen organischen Spuren frei sein: der eine wie der andere Fall spricht gegen die Annahme einer ewigen Existenz des organischen Lebens.

Wenn die höheren organischen Formen wirklich von Ewigkeit her existirten, so hätte man wohl Ueberresten von ihnen in den tieferen Sedimenten begegnen m ü s s e n. Dass man dergleichen nicht gefunden hat, muss unter Voraussetzung jener Ewigkeit mindestens in sehr hohem Grade befremden. So wurde bereits von Cotta, ohne besondere Bezugnahme auf die behauptete Ewigkeit des organischen Lebens, bemerkt, dass die constante, dem Alter der Ablagerungen entsprechende Abnahme der höher entwickelten Organismen sicher nicht einem blossen Zufalle zugeschrieben wer-

den könne, „d. h. es würde sehr sonderbar sein, wenn man behaupten wollte, in den älteren Schichten seien nur zufällig solche Organismen noch nicht aufgefunden worden, denn auch diese Schichten sind oft ausserordentlich reich an Ueberresten niederer Organisation, und es ist gar kein Grund vorhanden, warum sich die einer höheren in ihnen nicht eben so gut hätten erhalten sollen als die einer niederen, und als in den jüngeren Ablagerungen, die z. Thl. sehr viel davon enthalten, während sie keineswegs allgemein reicher an Versteinerungen sind."

Abgesehen von alledem kann man fragen, wie es sich mit der in Rede stehenden Ewigkeit des organischen Lebens begriffsmässig verhalte. Sicher darf man diese Ewigkeit nicht auf die Zeugung oder Fortpflanzung der Individuen beziehen. Allerdings stammen die eben lebenden Individuen, wie wir wissen, von früheren gleichartigen her, diese wiederum von älteren u. s. f. Allein unzulässig würde es sein, wenn man sagen wollte: und so fort in's Unendliche. Da hätten wir wieder jenen ungereimten regressus in infinitum, also eine Reihe, die ohne wirklichen Anfang aus lauter bedingten Gliedern besteht. Jedes Glied der Reihe ist durch ein vorausgehendes bedingt, kann aber niemals zur Existenz gelangen, da die Reihe eben ohne Anfang oder die Anzahl der vorausgehenden bedingenden Glieder unendlich gross ist. Diese Ungereimtheit trifft jede Art der Fortpflanzung, sowohl der niedrigsten wie der höchsten Organismen, auch das Entstehen der einfachsten organischen Zellen auf Grund bereits vorhandener, falls ein solcher Process rückwärts in's Unendliche verlaufen soll.

Auf diesem Wege lässt sich also die Ewigkeit des organischen Lebens nicht festhalten. Man müsste vielmehr in Betracht jeder Art eine gewisse Anzahl organischer Individuen als von Ewigkeit her existirend voraussetzen, von welchen denn die jetzt lebenden natürlich abstammen würden. Jene Individuen hatten, wenn man dabei die Annahme eines Hervorgehens der höheren Organismen aus niederen nicht zulässig findet, dieselbe Beschaffenheit wie ihre Nachkommen, mit dem einzigen Unterschiede, dass ihr Leben eine unendliche Vergangenheit füllte. Das Befremdliche, was wohl viele darin finden werden, dürfte eine kaum merkliche Abschwächung erfahren, wenn man die Ewigkeit auf die niedrigsten Organismen beschränkt und eine allmälige Transmutation derselben zu höheren Formen annimmt. Denn abgesehen noch von dem

letzteren Umstande würde die unendliche Vergangenheit auch in Betreff solcher Organismen mit dem, was wir von ihrem Leben erfahrungsmässig wissen, nicht vereinbar sein. Dies gilt auch von den näheren Bestandtheilen, aus welchen die Organismen der Thier- und Pflanzenwelt zusammengesetzt sind.

Die ewige Existenz des organischen Lebens setzt natürlich die Ewigkeit der äusseren Lebensbedingungen voraus, wie denn auch von Czolbe angenommen wird, dass die Erde zu allen Zeiten im Wesentlichen dieselbe Beschaffenheit, d. h. die Fähigkeit hatte, Organismen zu tragen. Nun bekundet aber die starre Erdrinde überall, soweit sie unserer Wahrnehmung zugänglich ist und noch weit darüber hinaus den Charakter einer zeitlichen Entstehung. Die Bewohner des Festlandes konnten nicht vor diesem da sein. Dasselbe musste sich erst aus sedimentären und krystallinisch-massigen Gesteinen aufbauen und überdies noch dergestalt umändern, dass es den Pflanzen die zu ihrem Gedeihen erforderlichen mineralischen Bestandtheile liefern konnte. Die Ausflucht, dass doch zu jeder Zeit hie und da Festland und mit ihm die Bedingungen des Pflanzenlebens vorhanden gewesen, kann nichts helfen, so lange man das betreffende Festland als ein gewordenes ansehen muss. Von einer Ewigkeit der Landbewohner kann nur insofern noch die Rede sein, als man ein gar nicht gewordenes, sondern eben von Ewigkeit her bestehendes Festland voraussetzt. Man müsste also vorerst ohne Rücksicht auf jenen ewigen Kreislauf annehmen, dass ein Erdkern, bestehend aus Festem und Flüssigem, von Ewigkeit her mit gewissen organischen Formen existirte. Die letzteren waren natürlich von ganz anderer Art als die jetzt lebenden, auch von anderer Art als diejenigen, von denen man Ueberreste in den sedimentären Formationen findet. Nun mögen im Laufe der Zeit im Raume zerstreute und in ursprünglicher Bewegung begriffene Massen mit dem Erdkern zusammen getroffen sein und an diesem mancherlei Veränderungen bewirkt haben, was denn auch Veränderungen jener Organismen, indem dieselben sich den neuen Lebensverhältnissen accommodirten, zur Folge hatte. Die mit dem Erdkern zusammenstossenden Massen mochten hie und da eine beträchtliche Wärmeentwickelung bewirken, anderwärts in dem bereits vorhandenen Wasser sich lösen und absetzen. So konnte der Erdkern durch neu herabfallende Massen sich allmälig vergrössern und im Laufe der Zeit das werden, was wir jetzt unsere Erde nen-

nen. Dabei erlitten die von Ewigkeit her existirenden Organismen in Folge eines mannigfachen Wechsels ihrer Wohnstätte, also wegen der mannigfach veränderten Lebensbedingungen verschiedentliche Abänderungen und schliesslich auch den Tod. Ihre Nachkommen mögen sich aber in aufsteigender Reihe, vielleicht so wie es die Darwin'sche Theorie lehrt, weiter entwickelt haben. Freilich würde diese Ansicht, abgesehen von dem was sich sonst gegen dieselbe einwenden lässt, mit der Kant-Laplace'schen Theorie nicht verträglich sein

Man kann nun auch, wie es von Czolbe*) geschehen ist, fragen, ob mit dem unzweifelhaften Untergange organischer Arten und der thatsächlichen Entwickelung der Organismen vom Niederen zum Höheren im Laufe der Zeiten, namentlich aber dem geistigen Fortschritt der Menschheit die Annahme der Anfangslosigkeit der Organismen im Widerspruch stehe. Nur der Schein eines Widerspruches, meint Czolbe, ergebe sich aus der irrthümlichen Meinung, dass im Falle der Anfangslosigkeit der Untergang des Schlechten und die Entwickelung des Guten schon seit einer unendlichen Ewigkeit hätten stattfinden müssen, wir mithin das Ziel der Entwickelung: eine vollkommene Welt, längst erreicht haben müssten, was selbstverständlich nicht der Fall ist. Auch unter den Philosophen herrsche das alte Vorurtheil, „dass durch den Begriff der Entwickelung der Begriff der Entstehung bedingt sei. Bei dem Ewigen dagegen müsse entweder zugleich das Ziel, die Vollendung gegeben oder erreicht sein, oder es werde gar kein Ziel oder Zweck erreicht. Was ewig sei, könne kein bestimmtes Ziel allmälig erreichen, da es hier keinen Ausgangspunkt der Entwickelung des Guten geben könne."

Gewiss haben wir es hier nicht lediglich mit einem Vorurtheil zu thun, obwohl gegen die Art und Weise, wie die Sache dargestellt wird, mancherlei einzuwenden ist. Man hat hier mancherlei zu unterscheiden, da die Ewigkeit sich auf verschiedenes beziehen lässt und verschiedenes bedeuten kann, wie im ferneren Verlauf unserer Untersuchung noch bestimmter erhellen wird. Der Begriff einer Entwickelungsreihe involvirt allerdings den Begriff einer zeitlichen Entstehung. Doch kann die Entwickelung möglicher Weise von einem Solchen ausgehen, das der Substanz und dem Geschehen

*) A. a. O. S. 147 ff.

nach von Ewigkeit her besteht. In Rücksicht der Vergänglichkeit haben wir oben (S. 63 f.) durch ein Beispiel erläutert, dass gewisse Arten oder Formen der Existenz obschon ohne zeitlichen Anfang dennoch auf eine bestimmte Weise vergehen können.

Czolbe macht gegen jenen Ausspruch, den er als ein Vorurtheil bezeichnet, geltend, „dass in der ewigen Welt fortdauernd sehr verschiedenartige Veränderungen stattfinden, von denen ganz bestimmte, erst zu einer bestimmten Zeit eingetretene als Ausgangspunkte der zweckmässigen Entwickelung und des Unterganges des Schwächeren oder Schlechteren gedacht werden können, während vorher die anfangslose Urwelt, wenn man den Menschen darin auch eine gewisse Cultur (ähnlich dem stabilen Zustande der heutigen Jäger- und Hirtenvölker) zuschreiben muss, nur auf die mögliche Erreichung solches Zieles angelegt oder nur entwickelungsfähig war. Es sind eben doch besondere Veränderungen denkbar, die in der ganzen früheren Ewigkeit nicht da waren und erst zu einer bestimmten Zeit eintraten. In der Verschiedenheit der steten Veränderungen der ewigen Welt liegt die Möglichkeit der Entstehung von Ausgangspunkten der Entwickelung und des Unterganges, da die Veränderungen derselben günstig oder ungünstig, oder indifferent sein können. Erst gewisse nicht nach einem bestimmten Schöpfungsplane unbedingt oder nothwendig, sondern gewisse zufällig (wenn selbstverständlich auch dem Causalverhältniss nach) eingetretene besondere Veränderungen oder Ausgangspunkte gaben die Prämissen zur Entwickelung, deren Dauer auch nur höchst wahrscheinlich, keineswegs nothwendig ist. Zu solchen Zufälligkeiten in Betreff des Unterganges schwächerer organischer Arten gehören z. B. gewisse klimatische Verhältnisse, die zu einer Zeit ungewöhnlich günstige Entwickelung bestimmter organischer Arten. Anfangspunkte menschlicher Cultur bildet vorzugsweise die zufällige Geburt ausgezeichneter Männer."

Demnach glaubt Czolbe schliessen zu dürfen, dass aus solcher Entwickelung der gesammten Organisation und des Menschengeistes nicht ihre Entstehung folge, und die Annahme der Anfangslosigkeit der Welt keineswegs fordere, den Beginn der Cultur in eine unendliche Vergangenheit zu verlegen. Wir können dies zugeben. Doch ist damit Angesichts der verschiedenen Gegengründe, die zum Theil schon hervorgehoben, theils noch zu erörtern sind, nicht viel für jene Annahme gewonnen.

Wollte man ferner die Ewigkeit der organischen Natur auf gewisse relativ sehr einfache Atomgruppen, als von Ewigkeit her bestehende Grundlagen des organischen Lebens beschränken, so könnte selbstverständlich von einer ewigen Existenz der jetzt vorhandenen organischen Welt nicht mehr die Rede sein. Vielmehr müsste sich diese Welt irgendwie aus jenen einfachen Anfängen entwickelt haben.

Dies führt uns zur Darwin'schen Transmutationstheorie, nach welcher alle lebenden Organismen aus einigen wenigen organischen Urformen oder Stammarten vermöge einer allmäligen Umwandlung (Transmutation) der Individuen im Laufe einer unermesslich langen Zeit hervorgegangen sind. In ihrer äussersten Consequenz geht sie auf eine einzige Art organischer Zellen zurück, aus welchen sich auf Grund eines bestimmten Fortbildungsgesetzes die gesammte organische Welt allmälig entfaltete. Nahe genug liegt hier der Gedanke, dass jene Zellen auf dem Wege der sogenannten Urzeugung (generatio aequivoca seu spontanea) entstanden; denn wenn aus ihnen die gesammte Pflanzen- und Thierwelt sich allmälig entwickelte, warum sollten sie selbst nicht in Folge eines zufälligen Begegnens der betreffenden anorganischen Elemente entstanden sein?

Unter der generatio aequivoca versteht man insgemein eine Zeugung oder Bildung organischer Individuen ohne zu Grunde liegende organische Keime durch eine Vereinigung anorganischer Stoffe, oder auch aus organischer Materie, die jedoch nicht den Charakter eines Eies oder Keimes besitzt. Ausgeschlossen ist auch die Fortpflanzung durch Abzweigung, Spaltung oder Theilung, durch Knospen oder Sprossen u. dgl. Gewöhnlich denkt man dabei an das Entstehen der kleinsten und niedrigsten Organismen. Eine solche Zeugung wurde im Laufe der Zeit abwechselnd sehr lebhaft vertheidigt und wiederum fast völlig in Abrede gestellt; ganz an Verehrern hat es ihr niemals gefehlt, seitdem man diesem Zweige der Naturforschung eine besondere Aufmerksamkeit zuwandte. Dermalen herrscht entschieden die Ansicht vor, dass eine solche Zeugung nicht mehr statt hat, vielmehr alles Lebende von gleichartigen Eltern, aus Samen, Eiern oder Keimen, oder unmittelbar aus einem vorher existirenden elterlichen Organismus stammt. Das alles lässt sich zusammenfassen in den bekannten Satz: omne vivum ex ovo, wozu sich neuerdings noch der von Virchow formu-

lirte Satz: omnis cellula ex cellula gesellte. Die Entstehung nämlich auch der einlachsten organischen Gebilde oder Zellen geschieht nur aul Grund bereits vorhandener Zellen.

Eine Reihe von Versuchen, die Pasteur anstellte, führte zu dem Ergebniss, dass in der atmosphärischen Luft sehr kleine Körperchen schweben, die ein organisches Gefüge darbieten und mit den Keimen niedriger Organismen übereinstimmen. Manche dieser Körperchen sind kugelförmig, andere eilörmig gestaltet. Viele sind durchsichtig mit mehr oder minder deutlichen Umrissen, andere dunkel mit einem körnigen Inhalte. Ueberall nun, wo die erlorderlichen Bedingungen vorhanden sind, entstehen aus diesen Keimen jene niedrigen Organismen, die man Schimmel, Pilze und Infusorien nennt. So entstehen derartige Organismen in pflanzlichen und thierischen Stoffen, die sich in Berührung mit Lult und Wasser unter Einwirkung der Wärme zersetzen. Dies geschieht jedoch nicht, wenn man die Luft, welche zur Einleitung der Zersetzung ertorderlich ist, vor ihrem Contact mit den betreffenden Substanzen glüht, wodurch jene organischen Keime zerstört werden. Ebenso entstehen in einer gährungsfähigen Flüssigkeit, z. B. in Zuckerwasser, welches mit gewissen anorganischen Bestandtheilen vermengt ist, keine Hefenpilze, wenn man die Luft vor ihrem Zutritt zu der Flüssigkeit glüht oder durch Baumwolle gehen lässt. Bringt man aber die geringste Menge solcher Baumwolle mit der Flüssigkeit in Berührung, so entwickeln sich alsbald organische Zellen. Die Bildung dieser Zellen ist also durch etwas bedingt, das in der Lult enthalten ist und bei ihrem Durchgange durch die Baumwolle von der letzteren aufgenommen wurde.

Diese organisirten, in der Atmosphäre schwebenden Körperchen werden durch Luftströme sowohl in vertikaler als in horizontaler Richtung fortgeführt, während sie sonst, vermöge Einwirkung der Schwere, niederlallen. Daher kommt es denn, dass sich in den betreffenden Flüssigkeiten, wenn sie in ungleicher Höhe der freien Luft ausgesetzt werden, mit wachsender Höhe eine geringere Menge jener niedrigen Organismen entwickelt.

Bemerkenswerth ist noch das folgende, ebenlalls von Pasteur angestellte Experiment. Derselbe gab dem Halse eines mit einer leicht gährenden Flüssigkeit angelüllten Kolbens verschiedene Krümmungen, und brachte dann die Flüssigkeit zum Sieden, bis der Wasserdampf aus dem offenen Ende des Halses empor-

strömte. Die Flüssigkeit zeigte nun eine unbestimmte Zeit lang keine Veränderung; man bemerkte keine Spur einer Zellenbildung. Wohl aber stellte diese sich ein, sobald man den Hals mittelst einer Feile von dem Kolben trennte. Es waren also die Krümmungen des Halses, welche die organischen Keime nicht zu der Flüssigkeit gelangen liessen.

Die durch Pasteur erlangten Resultate wurden namentlich von Pouchet in Frage gestellt. Pouchet liess einen frisch bereiteten Aufguss aus Gerste längere Zeit in einer offenen Flasche sieden, verschloss die letztere während des Siedens mit einem Pfropfen, und tauchte den Hals sofort in Flaschenpech. Nach Verlauf von 6 Tagen bemerkte man im Aufguss einige Hefe. Die Temperatur des Aufgusses war 18° C. Am folgenden Tag stieg sie plötzlich auf 27°. Die Flasche platzte, und man konnte nun auch mit blossem Auge Hefe wahrnehmen. Im Wesentlichen dasselbe ergab sich, als Pouchet später sowohl die zugeführte Luft als die zu den Aufgüssen benutzten organischen Bestandtheile Temperaturen von 130—150° C. aussetzte. Demnach können die betreffenden Keime, wenn sie wirklich existiren, eine hohe Temperatur aushalten, ohne ihre Keimkraft einzubüssen. Auch intensive Kälte scheint die Entwickelungsfähigkeit der Keime, wenigstens gewisser Arten, nicht zu beeinträchtigen. So beobachteten Pouchet, Musset und Jolly auf dem 9000 F. hohen Maladetta-Gletscher (in den Pyrenäen) eine Entwickelung von Infusorien in Aufgüssen, die in versiegelten Flaschen mitgenommen waren und oben nach dem Oeffnen der letzteren der freien Luft ausgesetzt wurden.

Pouchet, Bennet und Dumas untersuchten mikroskopisch kalte und warme, aus verschiedenen Thier- und Pflanzenstoffen bereitete Aufgüsse in Gefässen, die durch eine Papierdecke gegen Staub geschützt waren. Demzufolge entsteht nach einer gewissen, von der Temperatur und den benutzten Stoffen abhängigen Zeit an der Oberfläche des Aufgusses ein Häutchen, das aus sehr kleinen Körperchen zusammengesetzt erscheint. Diese Körperchen nehmen allmälig an Umfang zu und vereinigen sich paarweise zu Stäbchen oder Fäden, den sogenannten Bacterien. Alsdann bemerkt man auch Vibrionen in schlangenartiger Bewegung. Sie sollen nach Bennet durch Aneinanderreihung von Bacterien entstehen. Nach einiger Zeit erstarren jedoch die Bacterien und Vibrionen. In Folge ihrer Verwesung, die sich rasch vollzieht, entsteht ein neues Häut-

chen, worin rundliche, das Licht stark brechende Massen erkennbar sind, die bald mittelst einer schwingenden Wimper in Bewegung gerathen. Nach einigen Tagen sieht man in der Flüssigkeit schwimmende Gebilde (Monas lens) mit einer grösseren Anzahl von Wimpern und einem Kern. Von nun an treten noch andere Formen auf, verschieden je nach der Jahreszeit, Wärme, Bestrahlung und Beschaffenheit des Aufgusses. Die höheren Infusorien erscheinen stets erst nach dem Verschwinden der Bacterien und Vibrionen, worin die Vertheidiger der Urzeugung einen Beweis gegen die Keimtheorie erblicken. Doch hat man dagegen mit Recht eingewendet, dass auch in diesem Falle die Keime der Infusorien sehr wohl aus der Luft in den Aufguss gelangen und darin so lange unentwickelt verweilen konnten, bis die Flüssigkeit durch Verwesung der Bacterien und Vibrionen die zur Entwickelung jener Keime geeignete Beschaffenheit gewonnen hatte. Nur die Bildung der Vibrionen aus den Bacterien soll, wie manche glauben, nicht mit der Annahme von in der Luft schwebenden Keimen verträglich sein. Dabei scheint man jedoch ohne zureichenden Grund eine Entstehung der Bacterien aus Keimen zu negiren *).

Immerhin ist die generatio aequivoca auch in Ansehung der kleinsten und niedrigsten Organismen sehr unwahrscheinlich. Gesetzt auch es entständen solche Organismen wirklich ohne zu Grunde liegende organisirte Keime, so wäre damit die generatio aequivoca im strengen Sinne noch keineswegs festgestellt, so lange nämlich die Entwickelung jener Organismen an bereits vorhandene organische Substanzen gebunden ist. Wenn die sogenannten Monaden, die man zu den niedrigsten Formen des thierischen Lebens rechnet, aus kleinen in einer schleimigen Masse eingebetteten Körperchen (von $^1/_{3000}$ bis $^1/_{2000}$ Linie) hervorgehen: überall nämlich, wo organische Materie sich in Berührung mit der Luft zersetzt, so ist es ja eben diese, meist von höheren Organismen herstammende Materie, welche, wenn wir von besonderen durch

*) Nach Beobachtungen von Becbamp ist das Auftreten der Bacterien in dem Marke verschiedener Pflanzen durch gewisse Molecular-Körnungen (Mikrozymen) bedingt, welche als Keime der Bacterie in den Pflanzen selber enthalten sind. Diese Molecular-Körnungen hat man bei den bisherigen Untersuchungen über die spontane Zeugung niedriger Organismen, oder einfacher Zellen nicht beachtet, obschon dieselben nach Bechamp uberall: in Gahrungen, in Pflanzen und in Thieren thätig waren.

die Luft herbeigeführten Keimen absehen, die Gestalt der in Rede stehenden Thierchen annimmt. Der sogenannte Protococcus, die niedrigste Form des pflanzlichen Lebens, soll, wie man hie und da angegeben findet, unter dem Einfluss von Wasser, Luft, Licht und Wärme ohne Hilfe irgend einer organischen Substanz (?) entstehen und sich weiter zu Algen, Flechten und Moosen entwickeln. Die ihn bildenden Zellen entstehen aus sehr kleinen Körnchen. Hier fragt sich nun eben, ob diese Körnchen nicht zu jenen organischen Keimen oder Zellen gehören, die in der Luft, im Wasser, wie auch in animalischen und vegetabilischen Substanzen vorkommen. Dürfte man die von Pasteur u. A. gewonnenen Resultate als gesichert ansehen, so könnte von einer Bildung der niedrigsten Organismen aus anorganischen Elementen kaum noch die Rede sein. Die künstliche Herstellung gewisser organischer Verbindungen, wie z. B. von Harnstoff, verschiedenen Alkoholen, Aether, Zucker, etc. ist hier ohne erhebliche Bedeutung. Keine dieser Verbindungen, unter denen der Harnstoff als ein Endproduct des Verfalls thierischer Materie bekannt ist, bekundet eine Spur pflanzlicher oder thierischer Organisation. Eine organische Zelle ist noch niemals künstlich hergestellt, noch auch ihre Bildung anders denn auf Grund bereits vorhandener Zellen sicher beobachtet worden.

Eben diesen Umstand benutzt nun Czolbe*), um seine Ansicht von der Ewigkeit der organischen Welt zu stützen. Nur durch die innere Structur und Bewegung schon vorhandener Organismen könnten die physikalischen und chemischen Bewegungen der Atome noch nicht organisirter Stoffe die organische Richtung gewinnen. Wir haben indess schon (S. 136) hervorgehoben, dass selbst abgesehen von einer zeitlichen Entstehung des Erdkörpers eine von Ewigkeit her stattfindende Bildung neuer Organismen auf Grund bereits vorhandener nicht zulässig ist. Eben so wenig können wir annehmen, es hätte eine gewisse Anzahl organischer Individuen bis zum Moment ihres Aussterbens von Ewigkeit her existirt. Czolbe's Aeusserung: es sei selbstverständlich nicht gemeint, dass die veränderlichen, vergänglichen Individuen der Welt ewig da waren, sondern nur das, was in allem diesem Veränderlichen gleich bleibt: ihr objectiver Begriff (ihre Idee, ihr Wesen), scheint uns nur im Sinne der idealistisch-pantheistischen Naturansicht verständlich.

*) A. a. O. S. 111 ff., S. 127.

Auch an der Erde mit ihrer veränderlichen, vergänglichen Vertheilung des Festen und Flüssigen, heisst es weiter, ist nur das ewig, was in allem diesem Veränderlichen gleich ist. Hier lässt sich allenfalls an jenen ewigen Kreislauf denken. Kurz vorher polemisirt Czolbe mit Recht gegen die Wirksamkeit einer *) gestaltenden Idee (Lebenskraft u. dgl.). Nicht die Ideen erzeugen die objective Welt; gerade umgekehrt scheinen sie ihm von dieser in unserm Gehirne als subjective allgemeine Bilder der Dinge (als Begriffe der Formen) erzeugt zu werden.

Hat nun das Reich der Organismen wirklich einen zeitlichen Anfang, so muss ihre Entstehung allerdings unter ganz besondern Umständen stattgefunden haben. Es erhebt sich denn weiter die Frage, ob diese Umstände auf ein bloss zufälliges Begegnen der anorganischen Elemente, aus welchen die Organismen bestehen, und auf die gewöhnlichen aus diesem Zusammentreffen resultirenden chemischen und physikalischen Kräfte zurückgeführt werden können. Es fehlt nicht an Naturforschern, welche dies sehr unwahrscheinlich finden, schon darum, weil dann wohl auch jetzo noch organische Zellen auf solche Weise entstehen müssten. Aber auch noch andere Gründe machen es sehr wahrscheinlich, dass die Anfänge des organischen Lebens eine ganz besondere Combination der chemischen und physikalischen Kräfte erforderten, eine Combination, die nur statthaben konnte, nachdem die betreffenden anorganischen Elemente durch eine geordnete Reihe eigenthümlicher Verhältnisse hindurchgegangen waren und dann mit den besonderen Zuständen, die sie dabei erworben hatten, sich begegneten. Dies führt nun allerdings zur Annahme einer schöpferischen Intelligenz, deren Wahrscheinlichkeit wir hier nicht näher zu erörtern haben**).

Selbst Darwin bezeichnet den ersten Anfang des organischen Lebens als unbegreiflich und denkt dabei an einen Weltschöpfer. Aus einigen wenigen erschaffenen Formen der einfachsten Art entwickelte sich dann freilich durch zahlreiche Zwischenstufen im Laufe einer unermesslich langen Zeit die gesammte organische Welt, wie sie dermalen dem Beobachter vorliegt. Ganz ähnliche Ansichten wurden vielfach schon früher geäussert, was auch Darwin ausdrück-

*) in pantheistischem Sinne gedachten.

**) Vglch. dar. O. Flügel, der Materialismus vom Standpunkte der atomistisch-mechanischen Naturforschung beleuchtet. 1865. S. 51 ff. S. auch desselb. Verf. Schrift: Das Wunder und die Erkennbarkeit Gottes. Leipzig 1869.

lich anerkennt. So dachte u. A. namentlich der Franzose Lamarck an ein Hervorgehen der heutigen organischen Formen aus früberen durch eine allmälige Transmutation derselben, wobei die niedrigsten Lebensformen immer von neuem durch Urzeugung entstehen sollten. Die Transmutation stützte Lamarck auf ein Gesetz fortschreitender Entwickelung, das er auf eine sehr dunkle Weise mit der sogenannten Lebenskraft in Beziehung setzte. Ausserdem wurden von ihm noch als wirksame Factoren hervorgehoben: der Einfluss der äusseren Lebensbedingungen oder der Medien, das Bedürfniss und die Gewohnheit oder die Uebung — resp. der Gebrauch oder Nichtgebrauch — der Organe. Die Lebenskraft als solche ist auf eine fortschreitende Entwickelung der Organisation gerichtet. Diese Entwickelung wird durch den Einfluss der Medien theils gefördert, theils gehemmt. Nöthigen die äusseren Verhältnisse zu einem vielfachen oder erhöhten Gebrauche eines Organs, so wird dasselbe sich vollkommen entwickeln, dagegen verkümmern, wenn es nicht zum Gebrauche gelangt. Dies ist ohne Zweifel innerhalb gewisser Grenzen vollkommen richtig. Es fehlt nicht an bekannten Beispielen, die dafür sprechen. Doch kann die Uebung ein Organ nicht so wesentlich umgestalten, wie Lamarck sich dachte. Nach ihm wird z. B. ein Vogel, der genöthigt ist, seine Nahrung im Wasser zu suchen, vermöge des Bestrebens sich auf der Oberfläche des Wassers zu halten, und des dadurch bedingten Streckens seiner Zehen eine Schwimmhaut erhalten müssen. Ebenso soll aus der Gans ein Schwan werden, wenn jene sich stets in einer Lage befinde, welche sie zum Strecken des Halses nöthige. Auf analoge Weise habe die Giraffe, indem sie bezüglich ihrer Nahrung auf die Zweige hoher Bäume angewiesen war, durch fortgesetzte Anstrengung — Strecken des Körpers und Halses — und den Wunsch oder das Bedürfniss, höher hinaufzukommen, endlich ihren langen Hals erhalten. Nach Lamarck soll das Bedürfniss sogar neue Organe hervorbringen, die Gewohnheit oder Uebung aber sie entwickeln und stärken. Hier ist jedoch bei genauerer Erwägung gar nicht zu verkennen, dass Bedürfnisse und Triebe in bereits vorhandenen Organen wurzeln. So setzt der Trieb oder das Bedürfniss des Sehens, Hörens etc. ein Sehorgan, ein Gehörorgan etc. voraus. Ein Vogel, der Flügel hat, kann zu fliegen begehren, namentlich wenn sich dem Vollzug der dazu nöthigen Bewegungen irgend ein Hinderniss entgegenstellt. In einem Thier ohne Flugorgane kann weder ein solches Begehren,

noch ein Bedürfniss des Fliegens entstehen. Wohl mag in einem Menschen der innigste Wunsch sich regen, gleich dem Adler fliegen zu können; allein dieser Wunsch wird, wie man bereits richtig bemerkt hat, keine Flügel hervorbringen, wenn auch derselbe zu dem heftigsten Begehren anschwellen sollte. Noch weniger ist aber von dem Bedürfniss zu erwarten, wenn man darunter etwa nur den Umstand versteht, dass ein organisches Wesen unter gewissen äusseren Verhältnissen dieses oder jenes Organ nöthig habe, um nicht unterzugehen. Das betreffende Organ wird sicher nicht aus der blossen Wechselwirkung zwischen dem organischen Wesen und dem äusseren Medium resultiren. Man könnte sich hier auf die sogenannte Lebenskraft berufen, welche blind und unbewusst, aber in Ansehung des Mediums dennoch dem Zwecke entsprechend das organische Wesen umgestalte. Man hat jedoch erkannt, dass der Begriff einer solchen Lebenskraft sehr dunkel und zur Erklärung der verschiedenen Lebenserscheinungen nicht im mindesten geeignet ist. Eine besondere vom Stoffe unabhängige Lebenskraft, welche auf die bezeichnete Weise wirken soll, ist nicht denkbar. Bekanntlich trifft man die den Organismus constituirenden Stoffe auch in der anorganischen Natur. Als Bestandtheile lebender Organismen verhalten sie sich in mehrfacher Beziehung anders zu einander wie bei den anorganischen Naturprocessen; sie bekunden im Organismus Thätigkeiten eigenthümlicher Art und sind insofern Träger von Lebenskräften, die in den verschiedenen Organen des Leibes wiederum Besonderheiten darbieten. Es gibt viele und verschiedene Lebenskräfte je nach den vielen und verschiedenen Thätigkeiten der den Organismus constituirenden Stoffe, nicht aber eine selbständige den Organismus aufbauende und erhaltende Lebenskraft. Gleichwohl kann man den Ausdruck „Lebenskraft" im Singular beibehalten, theils zur Bezeichnung einer dunklen Stelle, theils um damit in abstracto auf gewisse Charaktere hinzudeuten, welche den mannigfachen Lebensäusserungen jener Stoffe in den verschiedenen Organen des Leibes gemeinsam sind. Eine andere Bedeutung gewinnt die sogenannte Lebenskraft, wenn man sie auf den Ursprung des organischen Lebens bezieht. Ihr Begriff fällt dann, gehörig geläutert, mit dem Begriffe einer schöpferischen Intelligenz zusammen. — Wir werden weiterhin noch auf den Begriff der Lebenskraft zurückkommen.

Bei Charles Darwin finden wir nun die Lamarck'sche Theorie

wieder, allerdings gereinigt von manchen Absonderlichkeiten und ergänzt durch das Princip der natürlichen Zuchtwahl. Darwin*) spricht zuvörderst von dem Variiren der Pflanzen und Thiere im Zustande der Cultur oder Domestication. In Betreff der Ursachen, welche die Abänderungen der organischen Individuen bewirken, glaubt Darwin den unmittelbaren Einfluss der äusseren Lebensbedingungen nicht hoch anschlagen zu dürfen. Nur einen kleinen Betrag der stattfindenden Umänderungen könne man der unmittelbaren Einwirkung der Lebensbedingungen zuschreiben. So lasse sich in einigen Fällen die beträchtlichere Grösse von der Nahrungsmenge, die Färbung von besonderen Arten der Nahrung und vom Lichte, und vielleicht die Dichte des Pelzes vom Klima ableiten. Der unmittelbare Einfluss des Klima ist bei Pflanzen etwas grösser als bei Thieren. Wie indirect die Lebensbedingungen wirken, lässt sich daraus entnehmen, dass dieselbe Varietät unter den verschiedensten Lebensbedingungen entstanden ist, während andererseits verschiedene Varietäten einer Species unter gleichen Bedingungen zum Vorschein kommen. Indirect scheinen sie einen wichtigen Antheil an den Störungen des Reproductivsystems zu nehmen und hierdurch Veränderlichkeit herbeizuführen. Dieses System scheint für die Wirkungen irgend eines Wechsels in den Lebensbedingungen viel empfänglicher als irgend ein anderer Theil des Organismus zu sein. Daher vermuthet Darwin, dass die häufigste Ursache zur Abänderung in Einflüssen liege, welche das männliche oder weibliche reproductive Element schon vor dem Acte der Befruchtung erfahren hat. So ist den functionellen Störungen des Reproductivsystems in den Eltern hauptsächlich die veränderliche oder bildsame Beschaffenheit ihrer Nachkommenschaft anzurechnen. Doch sind wir in fast gänzlicher Unwissenheit darüber, wie es kommt, dass in Folge einer Störung des Reproductivsystems dieser oder jener Theil mehr oder weniger variirt.

Ferner reflectirt Darwin auf die Wirkungen der Gewöhnung oder des Gebrauches und Nichtgebrauches gewisser Theile des Organismus. Unsere Hausthiere lassen erkennen, dass Gebrauch gewisse Theile stärkt und ausdehnt, Nichtgebrauch hingegen sie schwächt, und dass solche Abänderungen vererblich sind. Bezüglich der freien

*) Ueber die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe um's Dasein. Aus dem Englischen übers. von H. G. Bronn. Nach der 4. englischen sehr verm. Ausgabe durchges. u. berichtigt von J. Victor Carus. 1867.

Natur fehlt der Massstab zur Vergleichung der Wirkungen lange fortgesetzten Gebrauches oder Nichtgebrauches, weil man die elterlichen Formen nicht kennt. Beispielsweise wird auf die nichtfliegenden Vögel hingewiesen. Die Südamerikanische Dickkopfente kann nur über der Oberfläche des Wassers hinflattern und hat Flügel von fast der nämlichen Beschaffenheit wie die Aylesburyer Hausenten-Rasse. Da nun die grossen am Boden weidenden Vögel selten zu anderen Zwecken fliegen, als um einer Gefahr zu entgehen, so glaubt Darwin die fast ungeflügelte Beschaffenheit verschiedener Vögelarten, welche einige Inseln des grossen Oceans jetzt bewohnen (oder einst bewohnt haben), wo sie keiner Verfolgung von Raubthieren ausgesetzt sind, auf den Nichtgebrauch ihrer Flügel zurückführen zu müssen. Der Strauss bewohnt zwar Continente und ist von Gefahren bedroht, denen er nicht durch Flug entgehen kann; aber er kann sich selbst durch Stossen mit den Füssen gegen seine Feinde so gut vertheidigen, wie einige der kleineren Vierfüsser. Darwin stellt sich nun vor, der Urvater des Strausses habe eine Lebensweise wie etwa der Trappe gehabt, und sei in Folge natürlicher Züchtung in einer langen Generationenreihe immer grösser und schwerer geworden; daher er seine Beine mehr und seine Flügel weniger gebraucht habe, bis er endlich zum Fliegen ganz unfähig geworden. Bei der Hausente fand Darwin die Flügelknochen leichter und die Beinknochen schwerer im Verhältniss zum ganzen Skelette als bei der wilden Ente. Diese Veränderung soll von dem Umstande herrühren, dass die zahme Ente weniger fliegt und mehr geht, als es bei dieser Entenart im wilden Zustande der Fall ist. Die erbliche stärkere Entwickelung der Euter bei Kühen und Geisen in solchen Gegenden, wo sie regelmässig gemelkt werden, im Verhältnisse zu anderen, wo es nicht geschieht, wird als ein anderer Beleg für die Wirkungen des Gebrauchs angeführt. Als ein Beispiel für die Folgen des Nichtgebrauches wird u. a. noch auf den Umstand hingewiesen, dass es keine Art von Hausthieren gibt, welche nicht in dieser oder jener Gegend hängende Ohren hätte. Es soll dies, wie man vielfach schon früher vermuthete, vom Nichtgebrauch der Ohrmuskeln herrühren, weil das Thier nur selten durch drohende Gefahren beunruhigt werde.

Die vielen Gesetze, welche die Abänderung regeln, sind meist noch in tiefes Dunkel gehüllt. Darwin weist in dieser Beziehung vornehmlich auf das hin, was er Correlation des Wachsthums nennt.

Wenn nämlich in irgend einem Theile des Organismus eine geringe Abänderung erfolgt und von der natürlichen Zuchtwahl gehäuft wird, so werden auch andere Theile eine Veränderung erleiden müssen. Abänderungen im Baue der Larve oder des Jungen werden auch die Organisation des Erwachsenen zu berühren streben; ebenso wie eine Missbildung, welche den frühesten Embryo betrifft, auch die ganze Organisation des Erwachsenen ernstlich berührt.

Von besonderer Bedeutung für Darwin's Ansichten sind die erblichen Abweichungen im Baue des Körpers, worüber Prosper Lucas, wie Darwin bemerkt, eine sehr ausführliche Abhandlung geliefert hat. Die Neigung zur Vererbung ist thatsächlich sehr gross. „Gleiches erzeugt Gleiches" ist der Grundglaube des Viehzüchters. Eine Abweichung, die öfter zum Vorschein kommt und am Vater und Kind wahrgenommen wird, kann möglicher Weise von einerlei Grundursache herrühren, die auf beide gewirkt hat. „Wenn aber unter Individuen einer Art, welche augenscheinlich denselben Bedingungen ausgesetzt sind, irgend eine seltene Abänderung in Folge eines ausserordentlichen Zusammentreffens von Umständen an einem Individuum zum Vorschein kommt — an einem unter mehren Millionen — und dann am Kinde wieder erscheint, so nöthigt uns schon die Wahrscheinlichkeitslehre, diese Wiederkehr aus Vererbung zu erklären."

Die Gesetze, welche die Vererbung der Charaktere regeln, sind nach Darwin noch gänzlich unbekannt. Es lässt sich nicht erklären, warum dieselbe Eigenthümlichkeit in verschiedenen Individuen einer Art und in Individuen verschiedener Arten zuweilen erblich ist und zuweilen nicht, warum das Kind zuweilen zu gewissen Charakteren des Grossvaters oder der Grossmutter oder noch früherer Vorfahren zurückkehrt, warum ferner eine Eigenthümlichkeit sich oft von einem Geschlechte auf beide Geschlechter überträgt, oder sich auf eines und zwar dasselbe Geschlecht beschränkt. Als eine Thatsache von einiger Wichtigkeit betrachtet Darwin den Umstand, dass Eigenthümlichkeiten, welche an den Männchen unserer Hausthiere zum Vorschein kommen, entweder ausschliesslich oder doch vorzugsweise wieder nur auf männliche Nachkommen übergehen. Eine noch wichtigere und, wie Darwin glaubt, verlässige Regel ist die, dass eine Eigenthümlichkeit, in welcher Periode des Lebens sich dieselbe auch zeigen möge, in der

Nachkommenschaft immer in dem entsprechenden Alter, oder zuweilen wohl früher, hervortritt.

Charakteristisch für die Darwin'sche Theorie ist nun vornehmlich das Princip der Zuchtwahl. Zuvörderst ist die Rede von der durch den Menschen herbeigeführten Züchtung. Der Mensch vermag durch jedesmalige Auswahl derjenigen Individuen zur Nachzucht, welche die ihm erwünschten Eigenschaften besitzen, diese Eigenschaften bei jeder Generation um einen wenn auch noch so unscheinbaren Betrag zu steigern. „Die Natur liefert allmälig mancherlei Abänderungen; der Mensch summirt sie in gewissen ihm nützlichen Richtungen. In diesem Sinne kann man von ihm sagen, er habe sich nützliche Rassen geschaffen.“ — Von der völlig planmässigen Zuchtwahl unterscheidet Darwin eine andere, für seine Theorie noch bedeutsamere, die er die unbewusste Zuchtwahl nennt und als Resultat des Umstandes ansieht, dass jeder Züchter von den besten Thieren zu besitzen und nachzuziehen wünscht. So wird Jemand, der Hühnerhunde halten will, zuerst möglichst gute Hunde zu bekommen suchen und nachher die besten seiner eigenen Hunde zur Nachzucht bestimmen. Dabei hat er nicht die Absicht oder die Erwartung, die Rasse auf solche Weise bleibend zu ändern. Gleichwohl werde dieses Verfahren einige Jahrhunderte lang fortgesetzt seine Rasse ändern und veredlen, wie Bakewell, Collins u. A. durch ein gleiches und nur mehr planmässiges Verfahren schon während ihrer eigenen Lebenszeit die Formen und Eigenschaften ihrer Rinderheerden wesentlich verändert hätten.

Es wird nun ferner hervorgehoben, dass auch die Organismen im Naturzustande eine individuelle Variabilität besitzen, welche die Entstehung von Varietäten bedinge, die Darwin als beginnende Arten betrachtet. Wie mögen aber nun diese Varietäten, fragt Darwin, sich zuletzt in gute und abweichende Species verwandeln, welche in den meisten Fällen offenbar unter sich viel mehr als die Varietäten der nämlichen Art verschieden sind? Wie entstehen diese Gruppen von Arten, welche als verschiedene Genera bezeichnet werden und mehr als die Arten dieser Genera von einander abweichen? Alle diese Wirkungen erfolgen nach Darwin aus dem Ringen um's Dasein. „In diesem Wettkampfe wird jede Abänderung, wie gering und auf welche Weise sie immer entstanden sein mag, wenn sie nur einigermassen vortheilhaft für das Individuum

einer Species ist, in dessen unendlich verwickelten Beziehungen zu anderen Wesen und zur äusseren Natur mehr die Erhaltung dieses Individuums unterstützen und sich gewöhnlich auf dessen Nachkommen übertragen. Ebenso wird der Nachkömmling mehr Aussicht haben, die vielen anderen Individuen dieser Art, welche von Zeit zu Zeit geboren werden, von denen aber nur eine kleine Zahl am Leben bleiben kann, zu überdauern.“ Darwin hat dieses Princip, wodurch jede solche geringe, wenn nur nützliche Abänderung erhalten wird, mit dem Namen „natürliche Zuchtwahl“ belegt, um dessen Beziehung zur Zuchtwahl des Menschen zu bezeichnen. Die natürliche Zuchtwahl ist nun, figürlich gesprochen, täglich und stündlich durch die ganze Welt beschäftigt, eine jede, auch die geringste Abänderung zu prüfen, sie zurückzuwerfen, wenn sie schlecht, und sie zu erhalten und zu verbessern, wenn sie gut ist. Still und unmerkbar ist sie überall und allezeit, wo sich die Gelegenheit darbietet, mit der Vervollkommnung eines jeden organischen Wesens in Bezug auf dessen organische und unorganische Lebensbedingungen beschäftigt. Wir sehen nichts, heisst es weiter, von diesen langsam fortschreitenden Veränderungen, bis die Hand der Zeit auf eine abgelaufene Weltperiode hindeutet, und dann ist unsere Einsicht in die längst verflossenen geologischen Zeiten so unvollkommen, dass wir nur noch das Eine wahrnehmen, dass die Lebensformen jetzt andere sind, als sie früher gewesen.

Doch ist bei der natürlichen Zuchtwahl nicht an ein bewusstes Wählen zu denken. Buchstäblich genommen ist „natürliche Zuchtwahl“ ein falscher Ausdruck, bemerkt Darwin. Es sei jedoch schwer, eine Personificirung des Wortes Natur zu vermeiden; er versteht unter diesem Worte bloss die vereinte Thätigkeit und Leistung der mancherlei Naturgesetze und unter Gesetzen die nachgewiesene Aufeinanderfolge der Erscheinungen.

Was den Kampf um's Dasein betrifft, so wird dieser Ausdruck von Darwin in einem weiten und metaphorischen Sinne gebraucht. Derselbe umfasst sowohl die Abhängigkeit der organischen Wesen von einander, als auch das Leben des Individuums und die Sicherung seiner Nachkommenschaft. Man könne mit Recht sagen, dass zwei hundeartige Raubthiere in Zeiten des Mangels um Nahrung und Leben mit einander kämpfen. Aber man könne auch sagen, eine Pflanze kämpfe am Rande der Wüste um ihr Dasein gegen die Trockniss, obwohl es angemessener wäre zu sagen, sie hänge

von der Feuchtigkeit ab. Von einer Pflanze, welche alljährlich tausend Samen erzeugt, unter welchen im Durchschnitte nur einer zur Entwickelung kommt, könne man noch richtiger sagen, sie kämpfe um's Dasein mit andern Pflanzen derselben oder anderer Arten, welche bereits den Boden bekleiden, etc.

Ein Kampf um's Dasein folgt nun, nach Darwin's Darstellung, unvermeidlich aus dem starken Verhältnisse, in welchem sich alle Organismen zu vermehren streben. Die Zahl der zu einer Art gehörenden Individuen würde, wenn keine Beeinträchtigungen und Zerstörungen stattfänden, in geometrischer Progression zu einer so ausserordentlichen Grösse anwachsen, dass keine Gegend das Erzeugte zu ernähren im Stande wäre. Wenn daher mehr Individuen erzeugt werden, als möglicher Weise fortbestehen können, so muss jedenfalls ein Kampf um's Dasein entstehen, entweder zwischen den Individuen einer Art oder zwischen denen verschiedener Arten, oder zwischen ihnen und den äusseren Lebensbedingungen. Es gilt hier, meint Darwin, die Lehre von Malthus, in vergrössertem Maasse auf das gesammte Thier- und Pflanzenreich übertragen, da hier keine künstliche Vermehrung der Nahrungsmittel und keine vorsichtige Enthaltung vom Heirathen möglich sei. Nach jener Lehre soll nämlich die Vermehrung der Subsistenzmittel in einem weit geringeren Maasse als die Vermehrung der Bevölkerung vor sich gehen. Das Wachsen der letzteren geschehe nach dem Gesetze einer geometrischen Progression, das der Subsistenzmittel hingegen nur in arithmetrischer Progression. Der Kampf um's Dasein ist also die unvermeidliche Folge der hochpotenzirten geometrischen Zunahme aller organischen Wesen. Am heftigsten ist dieser Kampf zwischen Individuen derselben Art, welche in allen Beziehungen in die nächste Concurrenz miteinander gerathen. Fast eben so heftig wird der Kampf zwischen den Varietäten einer Art, und dann zunächst am heftigsten zwischen den Arten einer Gattung sein. Doch kann der Kampf auch oft sehr heftig zwischen Wesen statthaben, welche auf der Stufenleiter der Natur am weitesten auseinander stehen. „Der geringste Vortheil nun, den ein Wesen in irgend einem Lebensalter oder zu irgend einer Jahreszeit über seine Concurrenten voraus hat, oder eine wenn auch noch so wenig bessere Anpassung an die umgebenden Naturverhältnisse kann hier den Ausschlag gehen."

Ausser der bisher erwähnten natürlichen Zuchtwahl gedenkt Darwin noch einer sogenannten sexuellen Zuchtwahl, die nicht von

einem Kampfe um's Dasein, sondern von einem Kampfe zwischen den Männchen um den Besitz der Weibchen abhängt. Die Folgen dieses Kampfes bestehen nicht im Tode des erfolglosen Concurrenten, sondern in einer spärlicheren oder ganz ausfallenden Nachkommenschaft. Im Allgemeinen werden die kräftigsten oder diejenigen Männchen, welche in Betreff ihrer Lebensbedingungen am erfolgreichsten gekämpft haben, die meiste Nachkommenschaft hinterlassen. Indessen wird der Erfolg oft davon abhängen, ob die Männchen besondere Waffen oder Vertheidigungsmittel oder Reize besitzen. Der geringste Vortheil kann zum Siege führen.

Nach Darwin's Theorie sind also die Arten stark ausgebildete und bleibende Varietäten. Jede Art ist einmal Varietät gewesen. Die modificirten Nachkommen einer jeden Art werden sich um so rascher vervielfältigen, je mehr sie in Lebensweise und Organisation auseinander laufen, je mehr und je verschiedenartigere Stellen sie demnach im Haushalte der Natur einnehmen können. Daher wird in der natürlichen Zuchtwahl ein beständiges Streben stattfinden, die am meisten von einander abweichenden Nachkommen einer jeden Art zu erhalten. Die geringen und blosse Varietäten einer Art bezeichnenden Verschiedenheiten werden im langen Verlaufe allmäliger Abänderungen sich zu grösseren, die Species einer nämlichen Gattung charakterisirenden Verschiedenheiten steigern. Allmälig entstehen denn grossentheils scharf umschriebene und wohl unterschiedene Species, indem die neuen und verbesserten Varietäten die älteren weniger vervollkommneten und intermediären Abarten ersetzen und vertilgen. Ferner streben herrschende Arten aus den grösseren Gruppen einer jeden Classe wieder neue und herrschende Formen zu erzeugen, so dass jede grosse Gruppe geneigt ist noch grösser und gleichzeitig divergenter im Charakter zu werden. „Da jedoch nicht alle Gruppen beständig zunehmen können, indem zuletzt die Welt sie nicht mehr zu fassen vermöchte, so verdrängen die herrschenderen die minder herrschenden. Dieses Streben der grossen Gruppen an Umfang zu wachsen und im Charakter auseinander zu laufen, in Verbindung mit der meist unvermeidlichen Folge starken Erlöschens andrer, erklärt die Anordnung aller Lebensformen in Gruppen, die innerhalb einiger wenigen grossen Classen anderen subordinirt sind.“

Auch den Canon „natura non facit saltum“ findet Darwin aus seiner Theorie einfach begreiflich; denn grosse und plötzliche Um-

gestaltungen sind von der natürlichen Zuchtwahl nicht zu erwarten, da sie nur durch Häufung kleiner aufeinander folgender nützlicher Abänderungen wirkt.

Indem also die Individuen einer Art sich allmälig nach verschiedenen Richtungen hin entwickelten, entstand aus ihnen im Laufe der Zeit eine Gruppe von Arten, welche man als Gattung bezeichnet. Demnach haben auch die Gattungen und Arten einer Familie einen gemeinsamen Ausgangspunkt, so dass sich endlich alle organische Wesen auf einige wenige primordiale Formen oder, wenn man die Theorie nach ihrer äussersten Consequenz nimmt, auf eine einzige Urform zurückführen lassen. Es ist wahrlich eine grossartige Ansicht, sagt Darwin schliesslich, dass der Schöpfer den Keim alles Lebens, das uns umgibt, nur wenigen oder nur einer einzigen Form eingehaucht hat, und dass, während unser Planet den strengen Gesetzen der Schwerkraft folgend sich im Kreise schwingt, aus so einfachem Anfang sich eine endlose Reihe immer schönerer und vollkommenerer Wesen entwickelt hat und noch fort entwickelt *).

---

*) Nach einer Angabe von Pfaff (die neuesten Forschungen und Theorien auf dem Gebiete der Schöpfungsgeschichte. 1868. S. 107) soll in der 2. Auflage des Darwin'schen Buches die obige den Schöpfer betreffende Stelle nicht vorhanden sein. Pfaff gründet darauf einen gegen Darwin's Charakter gerichteten Tadel, indem er voraussetzt, Darwin habe jene Stelle zu Gunsten seiner Theorie im Hinblick auf einen Einwand Bronn's unterdrückt. Letzterer machte nämlich geltend, es scheine ganz gleichgiltig, ob der erste Schöpfungsact sich nur mit einer oder mit zehn oder mit 100000 Arten befasst, und ob er dies nur ein für allemal gethan oder von Zeit zu Zeit wiederholt habe; es frage sich nicht, wie viele Organismen-Arten durch einen persönlichen Schöpfungsact ins Leben gerufen, sondern ob ein solcher Act überhaupt erforderlich war. Wenn Darwin die organische Schöpfung überhaupt angreife, so müsse er auch auf die Erschaffung einer ersten Alge verzichten. In diesem Umstande, dass die Darwin'sche Theorie noch die unmittelbare Erschaffung, wenn auch nur eines Dutzends, ja wenn auch nur einer einzigen Organismen-Art erfordert, sieht Bronn einen wesentlichen Einwand gegen dieselbe, weil, dies einmal zugestanden, nicht der entfernteste Grund mehr vorliege, ihr die ungeheure und so schwer zu erfassende Ausdehnung zu geben, wie es Darwin gethan habe.

Pfaff meint nun, dass Darwin sich beeilt habe, den Bronn'schen Einwand zu beseitigen, und zwar eben durch Weglassung des auf den Schöpfer bezüglichen Passus. Pfaff kann das im Interesse von Darwin nur bedauern, „denn was dadurch in den Augen Mancher seine Theorie gewonnen, hat gewiss sein Charakter bei Vielen verloren, und wenn es auch in der Regel der Fall ist, dass bei wissenschaftlichen Untersuchungen der Charakter des Forschers ausser dem Spiele bleibt, wenigstens nicht mit in die Erörterung seiner Theorien gezogen werden soll,' so fällt er doch in

Dabei ist vorausgesetzt, dass vermöge der natürlichen Zuchtwahl allmälig auch die complicirtesten Organe entstanden. So soll z. B. der Annahme, ein vollkommenes und zusammengesetztes Auge sei durch natürliche Zuchtwahl gebildet worden, keine wesentliche Schwierigkeit mehr entgegenstehen, wenn zahlreiche Abstufungen von einem vollkommenen und zusammengesetzten bis zu einem ganz einfachen und unvollkommenen Auge nachgewiesen werden können, wenn ferner das Auge auch nur im geringsten Grade variirt und seine Abänderungen erblich sind, und wenn endlich eine

---

manchen Fallen, wenn er sich selbst einmischt, bei Beurtheilung der Behauptungen und Angaben sehr ins Gewicht, und das besonders in einem Falle wie der vorliegende, wo die Grundanschauungen und der innere Standpunkt eines Jeden bewusst oder unbewusst mit zu Rathe sitzen, wenn es sich um das Endurtheil über eine solche weitgreifende Theorie handelt. Wir achten, wenn wir sie auch für falsch halten müssen, eine Ueberzeugung, wenn sie sich so frei und offen ausspricht, wie es Bronn mit der seinigen gethan, aber wir können diese Empfindung Darwin gegenüber nicht haben, wenn wir die Wirkung einer solchen Aeusserung auf ihn sehen. Entweder war dieser Zusatz vom Schöpfer in der ersten Ausgabe wahre Ueberzeugung, warum ist er dann in der zweiten, nachdem er diese Besprechung gefunden, weggeblieben, oder er war es nicht, warum stand er dann da?"

Nach unserem Dafürhalten waltet hier ein Irrthum auf Seiten Pfaff's ob, da die von ihm vermisste Stelle doch in der (1867 erschienenen) 3. Auflage der deutschen Uebersetzung, welche von Carus nach der 4. englischen Ausgabe durchgesehen und berichtigt wurde, wirklich S. 571 vorkommt. Auch spricht Darwin S. 570 von Gesetzen, welche der Materie vom Schöpfer eingeprägt worden. Sollte sich davon in 2. Ausgabe wirklich nichts vorfinden, so hat Darwin seine frühere Ansicht von einem Schöpfer doch wohl inzwischen festgehalten oder mindestens wieder unverändert aufgenommen. Ueberhaupt scheint uns diese Begebenheit eben nicht geeignet, um darauf einen Vorwurf gegen Darwin's Charakter mit Sicherheit zu stützen.

Uebrigens können wir auch den oben berührten Einwand Bronn's nicht als hinlänglich begründet ansehen, da man nicht geradezu behaupten kann, dass Darwin die organische Schöpfung überhaupt angreife und darum auch auf die Erschaffung einer ersten Organismen-Art verzichten müsse, obwohl seine Theorie allerdings den Gedanken eines zufälligen Entstehens der organischen Urformen nahe legt (S. 140). Sodann liegt ja die Möglichkeit vor, dass die schöpferische Intelligenz es in Anbetracht der irdischen Verhältnisse als weise und zweckmässig erkannte, die Idee eines lebendigen Organismus in einer zusammenhängenden Stufenfolge von Formen zu realisiren. Sicher wird man es einer vollkommenen schöpferischen Intelligenz nicht als unangemessen erachten, wenn sie ein vollständiges System organischer Formen nach einem bestimmten Princip schafft, was nun freilich nicht im Sinne der Darwin'schen Theorie zu geschehen braucht. Um diese Theorie gehörig zu würdigen, ist es vor allem erforderlich, sie auf ihre innere Möglichkeit oder Unmöglichkeit anzusehen, so wie darauf, ob und wie die betreffenden Thatsachen ihr entsprechen oder widerstreiten.

mehr oder weniger beträchtliche Abänderung eines Organes immer nützlich für ein Thier ist, dessen äussere Lebensbedingungen sich ändern. Die Frage, wie ein Nerv für Licht empfänglich werde, beunruhige uns schwerlich mehr, als die, wie das Leben selbst ursprünglich entstehe. Im Hinblick auf manche der niedrigsten Organismen, welche für das Licht empfindlich sind, obwohl an ihnen keine Nerven nachgewiesen werden können, erscheint es Darwin nicht als unmöglich, dass gewisse Elemente ihrer Gewebe oder ihrer Sarcode aggregirt und zu Nerven entwickelt worden, die mit einer specifischen Empfindlichkeit für die Einwirkung des Lichtes begabt sind.

Darwin verhehlt sich indess nicht, dass seiner Theorie, die er auch die Theorie einer Descendenz mit Modificationen nennt, beträchtliche Schwierigkeiten entgegenstehen. „Einige derselben, heisst es, sind von solchem Gewichte, dass ich nicht an sie denken kann, ohne wankend zu werden; aber nach meinem besten Wissen sind die meisten von ihnen nur scheinbare, und diejenigen, welche in Wahrheit beruhen, dürften meiner Theorie nicht verderblich werden."

Eine von den Schwierigkeiten, die sich der Darwin'schen Theorie entgegenstellen, ist in der Frage gegeben: warum wir nicht, wenn Arten aus anderen Arten durch unmerkbar kleine Abstufungen entstanden sind, überall unzählige Uebergangsformen wahrnehmen? Warum bietet nicht die ganze organische Natur ein Gewirr von Formen statt der wohl begrenzt scheinenden Arten dar?

Darwin sieht den Mangel oder die Seltenheit vermittelnder Varietäten vornehmlich darin begründet, dass der Process der natürlichen Zuchtwahl, die nur durch Erhaltung nützlicher Abänderungen wirke, eine Vertilgung der Stammform so wie aller andern minder vollkommenen Formen mit sich führe. Zahllose Uebergangsformen müssen freilich nach der Theorie existirt haben. Ein Beweis ihrer früheren Existenz könne aber nur unter den fossilen Resten gefunden werden. Warum finden wir nun solche Formen nicht in zahlloser Menge in den Schichten der Erdrinde eingebettet? Den Grund davon sieht Darwin *) in der Unvollständigkeit der geologischen Urkunden.

*) A. a. O. S. 343. — Vgl. auch Cotta, Geologie der Gegenwart S. 243. Cotta findet in den geologischen Thatsachen nichts, was der Darwin'schen Theorie widerspricht.

Andrerseits hat man die Unvollständigkeit dieser Urkunden zugestanden, jedoch nicht in dem Maasse, als Darwin angibt. Wenn aber auch unser paläontologisches Wissen wirklich so dürftig, ja noch mangelhafter wäre, so würde es dennoch, meint Pfaff*), immerhin noch zureichen, die Unhaltbarkeit der Darwin'schen Theorie zu zeigen. Pfaff erinnert daran, dass man etwa 30000 Arten von Thieren aus den verschiedenen Formationen aller Länder kennen gelernt habe, viele von ihnen in Tausenden von Exemplaren von den verschiedensten Localitäten. Mögen nun von jeder Art 100 Individuen gefunden worden sein, und zwischen je 2 Arten auch nur 10 Zwischenstufen liegen, was nach Pfaff bedeutend weniger ist, als Darwin annimmt, und überdies die bis jetzt gefundenen Versteinerungen nur ein verschwindend kleiner Bruchtheil aller in unseren Gebirgen eingeschlossenen, gewiss nach Millionen zählenden Individuen sein: dann findet sich auf Grund dieser Zahlen nach Pfaff's Berechnung die Wahrscheinlichkeit von Darwin's Ausrede gegen den Einwand, warum man keine Mittelglieder findet, wie $1:10^{100}$; d. h. wie 1 zu 1 mit 100 angehängten Nullen sich verhält, so verhält sich die Wahrscheinlichkeit, dass Darwin Recht habe, gegen die Wahrscheinlichkeit, dass er Unrecht habe. Diese Rechnung stützt sich auf bekannte Gesetze der Wahrscheinlichkeitslehre und lässt sich auf das folgende, von Pfaff hervorgehobene Beispiel zurückführen. Wenn nämlich in einem grossen Kasten (unseren Gebirgen) viele Millionen (die Zahl aller Versteinerungen) Kügelchen sich finden, darunter 10 mal mehr rothe (die Uebergangsstufen) als blaue (die reinen Species), wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass auf je 100 herausgezogene Kügelchen (die Anzahl der Individuen einer Art) lauter blaue kommen? Als Grad der Wahrscheinlichkeit dafür findet sich denn die obige Zahl.

Die Unrichtigkeit der Darwin'schen Theorie wird nach Pfaff auch durch die Thatsache bekundet, dass in den ältesten Formationen das Thierreich mit seinen vier Hauptabtheilungen (Strahl-, Weich-, Glieder- und Wirbelthieren) zugleich auftritt. Unter den ältesten versteinerungführenden Schichten finde man in sehr grosser Ausdehnung solche, welche sehr wohl geeignet gewesen wären, Reste von Thieren zu erhalten, wenn in den Meeren, aus denen sie nieder-

*) Die neuesten Forschungen und Theorien auf dem Gebiete der Schöpfungsgeschichte. 1868. S. 99.

fielen, Thiere gelebt hätten. Diese Formationen seien sehr regelmässig geschichtete, leine Schiefermassen ohne alle Spuren späterer verändernder Einflüsse, genau von derselben Beschaffenheit wie die jüngeren, sehr reich an Versteinerungen sich zeigenden, in vielen Steinbrüchen und Wänden durchwühlt und blossgelegt, und noch nie sei eine Spur von einem Thiere gefunden worden. Daher könne denn auch die Ausrede der Darwinianer, die ersten Anfänge des organischen Lebens seien eben zerstört, für uns unkenntlich gemacht durch Umwandlung der Gesteine, u. dglch. mehr nicht als triftig angesehen werden. Indessen würde der eben besprochene Einwand doch eine gewisse Beschränkung erfahren, wenn die oben (S. 134 l.) erwähnten Entdeckungen sich vollkommen bestätigen sollten.

Eine andere Schwierigkeit erwächst der Darwin'schen Theorie aus dem Umstande, dass nach den Voraussetzungen, welche ihr als Grundlage dienen, auch in neuerer Zeit immer neue Formen entstehen mussten. Nun ist aber, so weit die menschliche Geschichte reicht, sicher keine einzige neue Art entstanden. Auch in viel früherer Zeit, und zwar schon vor der Eiszeit (S. 75 f.) hat eine grosse Menge von Meer- und Landbewohnern, von der letzteren selbst in der Tertiärzeit gelebt, die sich genau in derselben Weise und Beschaffenheit noch heutigen Tages wiederfinden, obwohl dazwischen gewiss sehr bedeutende Veränderungen der äusseren Verhältnisse stattgefunden haben*). Von den Pflanzen gilt hier Gleiches wie von den Thieren. Die Schieferkohlen, bemerkt Oswald Heer**), zeigen uns die jetzige Flora, ja die Haselnuss tritt uns sogar in denselben beiden Varietäten, die jetzt unsere Hügel bekleiden, entgegen und eine Schneckenart zeigt uns dieselbe kleine Abweichung in der Schalenbildung, wie ihr jetzt noch bei Sargans lebender Nachkomme. Die Pflanzen unserer Alpen, bemerkt derselbe ferner, stimmen z. Th. mit denen des hohen Nordens überein und sind wahrscheinlich von einem Bildungsherde ausgegangen. Sie waren daher schon in der diluvialen Zeit genau in denselben Formen ausgeprägt, die sie uns jetzt in unsern Hochgebirgen und in der fernen Polarzone zeigen. Gewiss leben nun die Arten auf den Alpen in einer ganz andern Umgebung als die Alpenkolonisten des Tief-

---

*) Pfaff, a. a. O. S. 98.

**) Die organische Natur in Zeitschr. für die Gesammten Naturwissenschaften. Bd. 27. S. 49.

landes und diese wieder in einer ganz andern als ihre Artgenossen in der Polarzone. Ungeachtet dieser ganz anders gestellten Concurrenz der Arten und auch der vielfach andern äussern Lebensbedingungen sind sie sich doch gleich geblieben und haben ihren Artcharakter durch alle Jahrtausende und durch die unzähligen Generationen, in welchen sie ausgeprägt wurden, so vollständig erhalten, dass man die auf den Hochgebirgen gewachsenen Nachkömmlinge der diluvialen Alpenflora nicht von denen Islands und Grönlands unterscheiden kann. Dieselben Erscheinungen zeigen die Thiere des Meeres. Bei den Krebsen in der Tiefe des Quarnero Dalmatiens hat sich der Kampf um's Dasein ohne Zweifel ganz anders gestaltet als bei ihren Artgenossen im Norden und gleichwohl haben sie ihren Artcharakter bewahrt.

Diese Thatsachen nöthigen O. Heer zu dem Schlusse, dass seit der diluvialen Zeit keine neue Arten mehr entstanden. Es seien wohl einzelne Arten erloschen, in der Mischung der Arten grosse Veränderungen vor sich gegangen, ohne Zweifel in Folge von Anpassungen an Klima und Localitäten unzählige Varietäten, die sich fruchtbar unter einander vermischen, entstanden, aber so weit unser Wissen reicht, keine neuen Typen gebildet worden. Da mit der Tertiärperiode sich ein Zeitalter abschliesst, welches im Grossen und Ganzen genommen andere Pflanzen- und Thierarten besass, so muss nach Heer *) die grösste Umbildung an den Schluss der pliocänen oder den Anfang der diluvialen Zeit gelegt werden. Es hat nicht ein allmäliges Verschmelzen der früheren Arten in die jetzigen stattgefunden, sondern ein sprungweiser Uebergang zu denselben. Dies gewahre man auch bei den Pflanzen und Thieren der älteren Perioden. Dieselben Arten gehen durch mächtige Gebirgsformationen hindurch und zeigen oft in allen Welttheilen genau dieselben Merkmale; untersucht man die unmittelbar darauf folgende aber einem neuen Zeitalter angehörige Formation, so finden sich wohl noch einzelne gemeinsame Arten, daneben aber solche, die ein neues Gepräge zeigen und auf den ersten Blick schon als verschieden erkannt werden. Ueberhaupt werden in den Grenzschichten der verschiedenen Perioden wohl gemeinsame Arten gefunden, aber keine Formen, die ein unmerkliches Verfliessen der Arten anzeigen. — Die neuen Arten verrathen, in Folge von An-

*) A. a. O. S. 51.

passungen an das Klima und die verschiedenen Localitäten, mannigfache Modificationen, welche man Varietäten oder wenn sie tiefer gehen Rassen genannt hat, die aber immer fruchtbar sich vermischen, während die Bastarde der Arten in der Regel unfruchtbar bleiben. „Obwohl die Art daher in verschiedenen Formen auseinander geben kann, so bewegt sie sich doch innerhalb eines ihr bestimmt gezogenen Kreises und bewahrt ihren Charakter während Jahrtausenden durch unzählige Generationen und unter den verschiedenartigsten äusseren Einflüssen mit einer wunderbaren Zähigkeit. Wir nehmen in der Natur viel weniger eine Neigung zum Verschmelzen der Arten als gerade gegentheils zur Erhaltung derselben wahr, wie das Verwildern der cultivirten Pflanzen- und Thierrassen, d. h. ihr Zurückgehen zu den ursprünglich wilden Formen und die Unfruchtbarkeit der Artbastarde uns zeigt. Diese Beständigkeit zeigen uns die Thiere nicht nur in ihrer Körperbildung, sondern auch in ihren Trieben."

Darwin betont in Betreff seiner Theorie vornehmlich die Vererbung gewisser individueller Eigenthümlichkeiten. Ohne diese Vererbung würden freilich die natürliche Zuchtwahl und der Kampf um's Dasein nichts vermögen. Doch ergibt sich daraus nicht sowohl eine Umwandlung, als vielmehr die Erhaltung der Art, da ohne Zweifel die dem Typus der Art entsprechenden Merkmale mindestens eben so gut als die von demselben abweichenden Eigenthümlichkeiten sich vererben werden. Darwin*) sagt selbst: Wenn so seltene und fremdartige Abweichungen der Körperbildung, wie Albinismus, Stachelhaut, ganz behaarter Körper u. dgl. sich wirklich vererben, so werden minder fremdartige und ungewöhnliche Abänderungen um so mehr als erbliche zugestanden werden müssen. Ja vielleicht wäre die richtigste Art die Sache anzusehen die, dass man jeden Charakter als erblich und die Nichterblichkeit als Ausnahme betrachtete." Demzufolge werden nun aber gerade die dem Typus der Art entsprechenden, allen dazu gehörigen Individuen gemeinsamen Charaktere aller Wahrscheinlichkeit nach das Uebergewicht über die abweichenden Charaktere behaupten, wie denn auch erfahrungsmässig feststeht, dass auf dem Wege künstlicher Züchtung bis jetzt noch keine neue Species entstanden ist. Die Annahme einer unermesslich langen Zeit kann hier nichts helfen. Der Züchter

*) A. a. O. S. 27 f.

bringt absichtlich Individuen verschiedenen Geschlechtes, die in gewissen Eigenschaften übereinstimmen, zusammen. Diese Eigenschaften übertragen sich denn auf die Nachkommen, so dass bei Wiederholung dieses Vorganges eine allmälige Summirung oder Steigerung der betreffenden Abänderungen stattfindet. Dasselbe soll nun im Verlaufe unermesslich langer Zeit auch die natürliche Züchtung leisten, und zwar in verstärktem Maasse, durchgreifender und in jeder Beziehung besser. Der Mensch wählt nur zu seinem eigenen Nutzen, die Natur nur zum Nutzen des Wesens, das sie pflegt. Die Natur kann auf jedes innere Organ, auf den geringsten Unterschied in der organischen Thätigkeit, auf die ganze Maschinerie des Lebens wirken. Jeder von ihr ausgewählte Charakter wird daher in voller Thätigkeit erhalten und das Wesen in günstige Lebensbedingungen versetzt. Dabei ist jedoch, wie wir bereits bemerkten, an ein absichtliches Wählen von Seiten der Natur durchaus nicht zu denken. Darwin hat auch nicht, wenn er von natürlicher Zuchtwahl spricht, eine thätige Gottheit im Sinne. Es kann also nur von einem zufälligen Zusammentreffen derjenigen Individuen die Rede sein, welche in gewissen vom Arttypus abweichenden Charakteren miteinander übereinstimmen. Eine Steigerung gewisser Abweichungen durch Vererbung setzt voraus, dass dieselben sowohl bei männlichen als bei weiblichen Individuen auftreten und die in gleichem Sinne abgeänderten Nachkommen beider Geschlechter sich immer von neuem zusammenfinden; denn andernfalls würden die entstandenen Abweichungen sich keineswegs steigern, sondern nothwendig schwächer werden und endlich bei freier Kreuzung völlig verschwinden. In dieser Beziehung muss die Darwin'sche Theorie gar sehr auf den glücklichen Zufall rechnen. Auf diesen letzteren sind schliesslich die Lobpreisungen zu beziehen, in denen sich Darwin im Hinblick auf die natürliche Zuchtwahl ergeht. Dass nach der Darwin'schen Hypothese in Betreff der natürlichen Zuchtwahl die Entwickelung und der Fortschritt der organischen Stufenleiter grösstentheils der Macht und dem glücklichen Spiele des Zufalles unterliegt, tritt bei genauerer Erwägung dieser Hypothese deutlich genug zu Tage, und ist auch bereits von verschiedenen Seiten her ausdrücklich hervorgehoben *).

---

*) Janet, der Materialismus unserer Zeit in Deutschland etc., deutsch von Reichlin-Meldegg 866. S. 161 ff., u. Pfaff a. a. O. S. 93 f.

Neuerdings hat Moritz Wagner die Darwin'sche Transmutationstheorie durch ein Naturgesetz zu ergänzen gesucht*), welches derselbe das Migrationsgesetz der Organismen nennt. Das Darwin'sche Buch, heisst es, gibt uns keinen bestimmten Aufschluss weder über die äussere Ursache, welche zu einer Steigerung der gewöhnlichen individuellen Variabilität, also zur beginnenden Zuchtwahl den ersten Anstoss gibt, noch über die Bedingung, welche neben einem gewissen Vortheil in der Concurrenz des Lebens die Erhaltung der neuen Merkmale nothwendig macht. Diese Bedingung erfüllt nach Wagner's Ueberzeugung die freiwillige oder passive Wanderung der Organismen und die von den orographischen Verhältnissen wesentlich abhängige Bildung isolirter Colonien, welche unter günstigen Umständen die Heimat einer neuen Species begründen. Bei der starken Concurrenz, welche sich die Individuen der nämlichen Art um Nahrung und Fortpflanzung anhaltend machen, müssen einzelne Individuen stets trachten, den Verbreitungsbezirk der Stammart zu überschreiten. Die äussersten Grenzen desselben verändern sich daher oft etwas, je nachdem einzelne Individuen die Mittel finden, entweder durch willkürliche Bewegung, oder auch durch passive Wanderung d. h. fortgerissen durch Luft- und Wasserströmungen, oder durch zahllose andere Zufälle sich vom Standort der Artgenossen zu entfernen.

Es ist eine durch zahlreiche Beobachtungen und Erfahrungen wohlbegründete Thatsache, dass unbeschränkte Kreuzung, ungehinderte geschlechtliche Vermischung der Individuen einer Species stets Gleichförmigkeit bewirken und Varietäten, deren Merkmale nicht durch eine Reihe von Generationen fixirt worden sind, wieder in den Urschlag zurückstossen. Daher wird nach Wagner die Bildung einer wirklichen Varietät, welche Darwin als beginnende Art betrachtet, der Natur nur da gelingen, wo wenige Individuen die begrenzenden Schranken ihres Standortes überschreiten und sich von ihren Artgenossen auf lange Zeit räumlich absondern können.

Die Einwanderung in ein neues Gebiet, wo eine Art zum ersten Mal auftritt, wird stets eine gewisse Summe von Veränderungen in den Lebensbedingungen mit sich bringen, namentlich

*) Die Darwin'sche Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen. 1868. S. 4. S. 17.

in Bezug auf Qualität und Quantität der Nahrung. Bei reicherer Nahrung, welche stets den Anstoss zu manchen inneren physiologischen Veränderungen des Organismus geben muss, werden die Thiere zugleich verhindert, sich so viel Bewegung wie früher zu machen. Nichtgebrauch einzelner Körpertheile wird diese dann reduciren. Correlation des Wachsthums verknüpft die Organisation so, dass, wenn ein Körpertheil variirt, andere Theile gleichfalls variiren müssen. Mit diesen Veränderungen der Lebensbedingungen, bei welchen die klimatischen Verhältnisse nur einen sehr geringen directen Einfluss haben, soll nun die jedem Organismus inwohnende Eigenschaft der individuellen Veränderlichkeit eine gesteigerte Anregung erhalten. Wird diese Steigerung in der Plasticität der Organisation durch eine Reihe von Generationen bei langer örtlicher Isolirung in einer bestimmten Richtung durch locale Verhältnisse unterstützt, so wird bei fortgesetzter Zuchtwahl eine sogenannte constante Varietät oder eine beginnende Art entstehen. Die ersten veränderten Abkömmlinge solcher eingewanderter Colonisten bilden dann das Stammpaar einer neuen Species. Ihre neue Heimath wird der Mittelpunkt des Verbreitungsbezirkes der neuen Art *).

Wagner sieht also in der Isolirung von Emigranten des Thier- und Pflanzenreiches für die Fortbildung und Befestigung individueller Merkmale eine nothwendige Bedingung, während Darwin einen gewissen Grad von Trennung nur als höchst vortheilhaft zur Bildung neuer Arten schätzt. Die gewichtigsten Argumente für seine Ansicht findet Wagner in den von Darwin selbst mitgetheilten Thatsachen über die Erfolge der künstlichen Züchtung bei Hausthieren und Nutzpflanzen, die stets nur bei absichtlicher Paarung und Trennung vom Urschlag gute Resultate gewährt. Für die Nothwendigkeit der Isolirung sprechen nach Wagner ferner die Erfahrungen aller Heerdenzüchter in Ländern, wo Rinder, Pferde und Schafe in halbwildem Zustande gesellig beisammen leben. Ueberall findet sich auf den natürlichen Grasfluren, wo die Heerden ohne Absonderung weiden, eine sehr gleichförmige Rasse. Jede neu importirte bessere Rasse von Kühen, Zuchtstieren, Pferden etc. verschwindet wieder, wenn man sie nicht gesondert hält, und geht schon nach wenigen Generationen in den einheimischen Schlag unter, ohne diesen zu verändern.

*) Wagner, a. a. O. S. 20

Obwohl nun das von Wagner hervorgehobene Migrationsgesetz in Betreff der Entstehung neuer Varietäten gewiss sehr bedeutsam ist, so können wir doch nicht darin eine wesentliche Stütze der Darwin'schen Theorie erkennen. Entschiedene Anhänger dieser Theorie dürften sich auch bei genauerer Erwägung der Wagnerschen Ansicht kaum anders über dieselbe äussern, als es von Darwin selbst geschehen ist, nämlich dahin: dass die Migration für die Bildung von Rassen und Arten zwar vortheilhaft, aber nicht nothwendig sei. Lässt man jene Ansicht zu, so erfährt das Princip der natürlichen Zuchtwahl eine derartige Beschränkung, dass es zur Erklärung des Entstehens verschiedener Arten auf einem und demselben Gebiete im Sinne der Darwin'schen Theorie nicht mehr verwendbar erscheint, wenn man bedenkt, dass natürliche Zuchtwahl ohne die Bedingung der Migration nicht zu wirken vermag, dass die Entstehung einer jeden Art eine räumliche Isolirung einzelner Individuen vom Verbreitungsgebiete der Stammart erfordert. Auch musste nach Wagner mit der Ausbreitung des Menschengeschlechtes, mit der Zunahme und Verbreitung der menschlichen Cultur die Wirkung der natürlichen Zuchtwahl eine unermessliche Beschränkung erleiden. Dagegen sollen nun freilich die früheren geologischen Perioden, wo die jetzigen Menschenrassen sicher nicht existirten, für die Thätigkeit der natürlichen Zuchtwahl unendlich günstiger gewesen sein, indem häufigere und ausgedehntere Spaltungen der damals dünneren Erdkruste, grosse untermeerische Durchbrüche heissflüssiger Gesteine des Erdinnern oft die physikalische, wie die chemische Beschaffenheit des Meerwassers in verschiedenen Gegenden plötzlich veränderten. Massenhafte Emigrationen und spätere Rückwanderungen der Meeresgeschöpfe mussten, wie es heisst *), die nothwendige Folge sein. Als später allmälig zahllose Inseln im Ocean auftauchten, waren damit der natürlichen Zuchtwahl der Land- und Süsswasserthiere eben so viele Versuchsstationen geboten, als gegen die Wanderung der Seethiere Schranken errichtet. Die Formenmannigfaltigkeit wurde damit bei den terrestrischen Organismen ungemein begünstigt. — Die fruchtbarste Epoche der Wirksamkeit für die natürliche Zuchtwahl existirte nach Wagner wahrscheinlich während der beiden ersten Hauptperioden der Tertiärbildungen, wo bei fortdauernder Thätig-

*) Wagner, a. a. O. S. 45 f.

keit der unterirdischen hebenden Kräfte die Inseln allmälig zu Continenten mit sehr verschiedenem Relief zusammenwuchsen und damit der passiven Migration der Pflanzen, wie der freien Bewegung der Landthiere und ihren sporadischen Ansiedlungen ein noch unbesetzter weiter Raum, das grossartigste Versuchsfeld zur Züchtung und Formenbildung unter neuen und sehr mannigfaltigen Lebensbedingungen dargeboten war.

Wagner glaubt also auf Grund seines Migrationsgesetzes die wesentlichsten (!) Einwürfe, welche man gegen die Theorie der natürlichen Zuchtwahl hisher geltend machte, vollständig beseitigt zu haben. Dahin rechnet er zuvörderst den schon von Bronn betonten Einwurf, dass nach dieser Theorie zahllose Mittelformen existiren und alle organischen Formen zu einem unentwirrbaren Chaos zusammenfliessen müssten. Dieser Einwurf wäre aber nur dann begründet, meint Wagner, wenn man annehmen wollte, die natürliche Zuchtwahl könnte und müsste immer und überall auch ohne die Bedingung der Migration stattfinden. Die Existenz zahlloser Mittelformen dürfe man keineswegs erwarten, wenn bei Isolirung ausgewanderter Individuen die Zuchtwahl unter dem Einfluss veränderter Lebensbedingungen in einer bestimmten Richtung fortwirkte. Bei ungestörter isolirter Züchtung der Colonisten müssten sich die organischen Veränderungen, welche sich stets den umgebenden Verhältnissen anzupassen trachten, durch eine Reihe von Generationen nothwendig summiren. Viele Mittelformen könnten sich nur da erhalten, wo der neue Standort der Colonisten nicht durch natürliche Schranken oder grosse räumliche Entfernungen gegen häufige Invasionen der älteren Stammesgenossen geschützt sei. Fänden solche Invasionen nur selten und in geringer Zahl statt, dann werde die Varietät oder beginnende Art in ihrer Bildung, besonders wenn letztere schon weit genug vorgeschritten sei, nur eine geringe Störung erfahren.

Damit ist jedoch unseres Erachtens der in Rede stehende Einwurf noch keineswegs beseitigt. Entstanden sämmtliche Arten des Thier- und Pflanzenreiches aus einer oder einigen wenigen Urformen, durch eine allmälige Transmutation der Individuen, so konnten zahllose Mittelformen nicht ausbleiben, deren Reste in der Erdrinde eingebettet liegen müssten. Nun finden sich aber solche Mittelformen, wie sie die Darwin'sche Transmutationstheorie fordert, nicht. Wenn sich auch im Hinblick auf die von Wagner hervor-

gehobene Migration das Fehlen gewisser Mittelstufen in dieser oder jener Gegend erklärt, so müssten doch dergleichen überhaupt in verschiedenen Gebieten sehr häufig vorkommen. Zahllose Mittelformen hat man auch nach der Wagner'schen Ansicht zu erwarten, obschon in einer andern räumlichen Anordnung. Freilich konnten nach dieser Ansicht nicht mehrere Varietäten, Rassen und Arten in dem Verbreitungsbezirke der Stammart entstehen. Jede besondere Varietät, Rasse und Art erforderte ein besonderes Gebiet. Hatten sich einzelne Individuen — männliche und weibliche — von der Stammart getrennt und ihre Nachkommen auf dem neuen Gebiete den veränderten Lebensverhältnissen vollständig angepasst, so konnte aus ihnen eine weitere Varietät und Art nicht hervorgehen. Zur Fixirung einer neuen Variation war wieder eine fast völlige Isolirung einzelner Individuen auf einem anderen Gebiete nöthig, u. s. f. Was endlich die Aussage betrifft: zahlreiche Mittelformen könnten sich nur da erhalten, wo der neue Standort der Colonisten nicht durch natürliche Schranken oder grosse räumliche Entfernungen gegen häufige Invasionen der älteren Stammgenossen geschützt ist, so müssen wir dagegen bemerken, dass man in diesem Falle selbst nach Wagner's eignen Prämissen ein Zurückfallen der beginnenden Varietät in die frühere Stammform weit eher erwarten darf als die Bildung zahlreicher Uebergänge, wie sie die Theorie der natürlichen Zuchtwahl verlangt.

Da nach Wagner die Zuchtwahl keine bedingungslose Nothwendigkeit, wie er sagt, sondern an die Migration und an eine lange dauernde räumliche Absonderung der Emigranten mit veränderten Lebensbedingungen geknüpft ist, so soll damit auch ein anderer oft wiederholter Einwurf gegen die Darwin'sche Theorie verschwinden. Dieser Einwurf besteht in der Frage: warum die niedrigsten Thier- und Pflanzenformen noch immer existiren und sich nicht längst schon in höhere Formen verwandelt haben, da doch die Fortdauer einer generatio aequivoca höchst zweifelhaft ist? Die Ursache davon findet Wagner einfach in dem Mangel einer dauernden Isolirung von Colonisten; daher denn auch eine wirkliche Zuchtwahl unmöglich war. „Organismen, die ihr altes Verbreitungsgebiet nie verlassen, werden sich eben so wenig verändern, wie gewisse andere Organismen, denen die Natur ein gar zu ausgedehntes Wanderungsvermögen verliehen hat. Zu letzteren gehören die sogenannten kosmopolitischen Arten der Thier- und Pflanzenwelt."

Hiermit ist jedoch der Einwurf noch nicht für alle Arten beseitigt, von denen man weiss, dass sie unter sehr verschiedenen äusseren Verhältnissen ihren Artcharakter durch Jahrtausende unverändert bewahrt haben (s. S. 158 f.)*)

Im Uebrigen geht Wagner wie Darwin von der jedem Organismus inwohnenden Eigenschaft der individuellen Verän-

*) Darwin sucht den obigen Einwurf durch die Bemerkung zu entkräften, dass die natürliche Zuchtwahl denn doch kein nothwendiges und allgemeines Gesetz fortschreitender Entwickelung einschliesse; sie benütze nur solche Abänderungen, die für jedes Wesen in seinen verwickelten Lebensbeziehungen vortheilhaft seien. Nun lasse sich fragen, welchen Vortheil ein Infusorium, ein Eingeweidewurm, oder selbst ein Regenwurm davon haben könne, hoch organisirt zu sein? „Haben sie keinen Vortheil davon, so werden sie auch durch natürliche Zuchtung wenig oder gar nicht vervollkommnet werden und mithin für unendliche Zeiten auf ihrer tiefen Organisationsstufe stehen bleiben." Diese Antwort, bemerkt Pfaff (a. a. O. S. 103), trifft gar nicht den eigentlichen Kern der Frage. Die Gegenfrage, welchen Vortheil ein Infusorium, oder ein Eingeweidewurm, oder ein Regenwurm davon habe, hoher organisirt zu sein, könne man sehr leicht mit der Darwin'schen Theorie selbst dahin beantworten, dass höhere Organisation und die damit verbundene Steigerung der Seelenkräfte doch jedenfalls mehr befähigt, den Kampf um's Dasein zu bestehen, als niedrige. Denn gegentheils sei nicht einzusehen, wie eben durch den Kampf um's Dasein die Natur höhere Formen erzeugt. Eines von beiden müsse doch stattfinden: entweder die höhere Organisation befähigt ihre Träger besser zum Kampfe um's Dasein, oder sie befähigt sie nicht dazu. Gelte das erstere, so begreife man nicht, warum noch so viele niedrig organisirte Formen unverändert sich erhalten haben; gelte aber das zweite, so sei die Erklärung, die Darwin von der Bildung der höheren Formen gibt, eine vollkommen haltlose.

Obwohl Darwin nicht bezweifelt, dass einige der tiefsten Formen von Infusorien und Rhizopoden schon seit unermesslichen Zeiten auf ihrer jetzigen Stufe stehen, so scheint es ihm doch eine voreilige Annahme zu sein, dass die meisten der vielen jetzt vorhandenen niedrigen Formen seit den ersten Zeiten ihres Daseins keinerlei Vervollkommnung erfahren hatten. Das Vorkommen zahlreicher niedrig organisirter Formen aus beinahe allen Klassen über die ganze Erdoberfläche rührt nach Darwin von verschiedenen Ursachen her. In einigen Fällen mag es, wie er meint, an vortheilhaften Abänderungen gefehlt haben, mit deren Hülfe die natürliche Zuchtwahl zu wirken und welche sie zu häufen vermocht hatte. In einigen wenigen Fällen könne auch ein sogenannter Rückschritt der Organisation eingetreten sein. Die Hauptursache aber soll in dem Umstande liegen, dass unter sehr einfachen Lebensbedingungen eine hohe Organisation ohne Nutzen, vielleicht sogar nachtheilig sein kann, weil sie zarter, empfindlicher und leichter zu stören und zu beschädigen ist. — Sicher ist durch diese und einige andere Bemerkungen, die Darwin noch (a. a. O. S. 154 ff.) vorbringt, der obige Einwurf auf eine befriedigende Weise nicht beseitigt.

derlichkeit aus, ohne welche die Zuchtwahl überhaupt nicht denkbar wäre. Diese Variabilität wird als unbegrenzt angenommen. Um irgend eine beträchtliche Modification mit der Länge der Zeit hervorzubringen, sagt Darwin, ist es nothwendig, dass eine einmal aufgetauchte Varietät, wenn auch vielleicht erst nach einem langen Zeitraume von neuem variire und ihre Varietäten, wenn sie vortheilhaft, erhalten werden u. s. f. Nicht leicht werde Jemand leugnen wollen, dass zuweilen Varietäten vorkommen, die mehr oder weniger von der elterlichen Stammform abweichen; dass aber dieser Abänderungsprocess in's Unendliche fortdauern könne, das sei eine Annahme, deren Richtigkeit nach dem Grade der Uebereinstimmung der Hypothese mit den allgemeinen Naturerscheinungen und nach der Fähigkeit, diese zu erklären, beurtheilt werden müsse. Ebenso beruhe aber auch die gewöhnlichere Meinung, dass die Abänderung eine scharf bestimmte Grenze nicht überschreiten könne, auf einer blossen Voraussetzung.

Indessen stehen hier nicht ganz so, wie Darwin meint, zwei Annahmen einander gegenüber, von denen die eine ebensowohl möglich oder gar wahrscheinlich ist als die andere. In Betreff seiner Theorie stützt sich Darwin doch zuvörderst auf Thatsachen, zu welchen künstliche Züchtungsversuche geführt haben. Hier begegnen wir aber nur Veränderungen, die sich innerhalb gewisser Grenzen halten; es entstehen immer nur Abänderungen innerhalb einer Art, also nur Varietäten, niemals neue Arten oder gar Familien und Klassen. Ueber das Bereich der hier vorliegenden Thatsachen geht Darwin weit hinaus, indem er die individuelle Veränderlichkeit als unbegrenzt annimmt. Darnach sollen auch neue Organe durch allmälige Umbildung bereits vorhandener Organe und in den frühesten Stadien durch Abänderung eines Theiles der relativ einfachen Urform entstanden sein. Hiegegen hat man gewiss nicht mit Unrecht bemerkt *), dass es in vielen Fällen geradezu widersinnig sei, durch allmälige, viele Generationen hindurch gehende Entwickelung ein neues den Stammeltern fehlendes Organ sich entstanden zu denken. Dies treffe überall da zu, wo es für die zahllosen Individuen dieser Zwischenstufen gar keinen Nutzen und Zweck habe, die Anlage eines solchen Organes zu besitzen, wo das werdende Organ, so lange es noch nicht vollkommen aus-

*) Pfaff, a. a. O. S. 101.

gebildet, ein nutzloses Anhängsel sei. Was solle ein werdendes, aber noch nicht sehendes Auge bedeuten? Soll man hier annehmen *), die Natur habe es gemerkt, dass eine geringfügige, zufällige anatomische Umänderung eines Theiles des Thierleibes nach Jahrtausenden endlich zu einem Auge führen könne und habe diese allen Zwischenstufen ganz unnütze Veränderung weiter gepflegt, damit endlich die späten Nachkommen zu einem Auge kämen?" Auf analoge Weise verhält es sich mit den Milch absondernden Brüsten, welche den Weibchen der Säugethiere eignen. Auch dieses Organ hat, bevor es seinem Zwecke gemäss vollkommen ausgebildet ist, keinen Nutzen und steht daher im Widerspruche mit Darwin's Annahme, nach welcher die natürliche Zuchtwahl auf die Erhaltung vortheilhafter und die Zurücksetzung nachtheiliger Abänderungen ausgeht, indem sie nur zum Nutzen des Wesens auswählt, das sie pflegt. In diesem Falle kommt noch, wie Pfaff ferner bemerkt, der Umstand hinzu, dass die in Rede stehende Veränderung nur an den Weibchen sich zeigt und forterbt. Gleichzeitig muss nun auch für die entstehenden Jungen so gesorgt werden, dass gerade, wenn endlich die Brustdrüsen zur Milchabsonderung fertig geworden, die jetzt auf die Welt kommenden Jungen so weit in ihren Instincten und Verdauungswerkzeugen hergerichtet sind, dass sie diese neue Nahrung zu sich nehmen. — Um den hier in Betracht gezogenen Einwurf zu beseitigen, wäre also vor allem der Nachweis zu führen, dass auch schon das werdende Organ dem Wesen, an dem es sich entwickelt, zum Vortheil gereicht.

Darwin bezweifelt nicht, dass die individuelle Variabilität ihre bestimmten Ursachen haben müsse. Zuvörderst kann man hier an die äusseren Lebensbedingungen und klimatischen Verhältnisse denken, auf deren directen Einfluss jedoch Darwin gewissen Thatsachen zufolge nur ein sehr geringes Gewicht legt (S. 148 f.). Indirect scheinen sie ihm einen wichtigen Antheil an den Störungen des Reproductivsystems zu nehmen und hierdurch Veränderlichkeit zu bewirken. Nach unserem Dafürhalten kann es indess nicht zweifelhaft sein, dass die Variabilität vornehmlich durch den theils directen theils indirecten Einfluss der äusseren Lebensverhältnisse, diese im weitesten Sinne genommen, bedingt ist. Zu diesen Verhältnissen rechnen wir auch die mancherlei ungleichen

*) was Darwin selbst verbietet.

Schicksale, welche die verschiedenen Individuen der nämlichen Art im Verbreitungsbezirke der letzteren erfahren. Es würde einen Widerspruch ergeben, wenn man annehmen wollte, die Individuen einer Art hätten in sich selbst das Bestreben, von ihrem Artcharakter abzuweichen. Variiren können sie auf die mannigfachste Weise, je nach der Verschiedenheit der äusseren Ursachen, welche irgendwie direct oder indirect auf die Organisation wirken. Dabei dürfen wir aber an so immense Umwandlungen, wie sie die Darwin'sche Theorie im Sinne hat, nicht denken, sondern eben nur an solche, welche die Erfahrung, namentlich die künstliche Züchtung an den Tag legt. Mag immerhin der indirecte Einfluss der äusseren Lebensbedingungen viel grösser als ihr directer sein, so kann doch jener nicht als unbegrenzt angenommen werden, zumal wenn man den directen Einfluss als unerheblich bezeichnet. Darwin scheint dies gewissermassen anzuerkennen, indem er sagt: die Lebensbedingungen s c h e i n e n indirect einen wichtigen Antheil an den Störungen des Reproductivsystems zu nehmen und hierdurch Veränderlichkeit herbeizuführen. Das Hauptgewicht wird auf die natürliche Zuchtwahl gelegt, welche alle nützlichen, wenn auch noch so geringen Abänderungen anhäufen soll, bis sie vollständig ausgebildet sind und für uns wahrnehmbar werden. Indessen ist die natürliche Zuchtwahl ohne individuelle Veränderlichkeit nicht denkbar. Wenn nun diese Veränderlichkeit doch im Grunde von den äusseren Lebensverhältnissen (Nahrung, Klima, verschiedenen Schicksalen der einzelnen Individuen, etc.) abhängt *), also dem Organismus als solchem kein Bestreben innewohnt, vom Artcharakter abzuweichen, so kann hauptsächlich nur von einer Anpassung des Organismus an die Lebensverhältnisse, nicht aber von einer aufsteigenden Entwickelung die Rede sein, welche allmälig zu ganz anders gearteten Wesen führen soll. Die natürliche Zuchtwahl vermag ja nichts ohne die Vererbung gewisser bereits hervorgetretener Eigenthümlichkeiten. Wie aber die von dem Einfluss der Lebensverhältnisse direct oder indirect bedingten individuellen Umänderungen einen stetigen Fortschritt von niederen zu höheren Formen mit sich führen können, ist nicht im mindesten abzusehen. In dieser Beziehung bietet die

*) Darwin selbst (a. a. O. S. 59) hält es nicht für wahrscheinlich, dass Veränderlichkeit als eine inhärente und nothwendige Eigenschaft allen organischen Wesen unter allen Umständen zukomme, wie einige Schriftsteller angenommen haben.

Darwin'sche Theorie auch nicht den geringsten Anfang einer Erklärung. Denn die dem Kampfe um's Dasein zugeschriebenen Folgen setzen die Existenz gewisser Abänderungen, welche ihrem Besitzer mehr Aussicht auf Fortdauer geben, voraus. Ebenso können die Wirkungen des Gebrauches und Nichtgebrauches gewisser Theile des Organismus nur unter Voraussetzung der Existenz dieser Theile gedacht werden. Die natürliche Zuchtwahl, die nur zum Nutzen des Wesens dienen soll, das sie pflegt, erscheint schliesslich als eine blosse Redensart. An eine wählende Gottheit dürfen wir nicht denken, wie auch nicht an ein bewusstes Wählen in den Pflanzen und Thieren. Ein unbewusstes (blindes) Wählen würde wenig Gewinn bringen, abgesehen von dem Widersinn, der darin liegt. Buchstäblich genommen ist „natürliche Zuchtwahl" freilich ein falscher Ausdruck; wer hat aber, meint Darwin, je den Chemiker getadelt, wenn er von der Wahlverwandtschaft seiner chemischen Elemente gesprochen, oder den Physiker, wenn er von der Anziehung redet, welche die Bewegung der Planeten regelt? „Jedermann weiss, was damit gemeint und was unter solchen bildlichen Ausdrücken verstanden wird; sie sind ihrer Kürze wegen fast nothwendig." Allerdings lässt sich das, was wir unter der chemischen Wahlverwandtschaft und der Newton'schen Attraction zu verstehen haben, auf bestimmte Begriffe zurückführen; dagegen ist die natürliche Zuchtwahl ein vieldeutiges, in hohem Grade mystisches Ding. Interpretirt man dieselbe lediglich im Hinblick auf die Thatsachen, von welchen die Darwin'sche Theorie ausgeht, so erscheint sie freilich als etwas sehr Einfaches, das nicht im mindesten zu den Erwartungen berechtigt, welche Darwin von der natürlichen Zuchtwahl hegt. Will man sie, so angesehen, dennoch im Sinne der Darwin'schen Theorie verwenden, so fallen die ihr zugedachten ausserordentlichen Wirkungen mit den wunderbaren Fügungen des Zufalls schlechthin zusammen.

Man kann sich hier, da von den äusseren Einflüssen so Erhebliches nicht zu erwarten ist, nur noch auf eine den Organismen innewohnende Fähigkeit oder Neigung berufen, von ihrem Typus abzuweichen, und zwar in der Art, dass Besseres daraus hervorgehe. Gegen den Begriff der Variabilität, wie er von vielen Anhängern Darwin's gebraucht wird, hat bereits der Physiologe Th. L. Bischoff *)

*) Ueber die Verschiedenheit der Schädelbildung des Gorilla, Chimpanse und Orang. 1867.

ein triftiges Bedenken erhoben. Der Begriff der Variabilität, sagt derselbe, ist unter der Hand ein activer geworden und hat dadurch eine ganz andere Bedeutung erhalten (als blos die eines passiven Zustandes). Die Variabilität wird von Huxley und Anderen geradezu als die Fähigkeit, ja als die Neigung der Organismen bezeichnet, von dem Typus ihrer individuellen Bildung auch einmal abzuweichen. Sie wird mit der Erblichkeit oder dem Atavismus parallelisirt, ja ihm fast gleichgestellt und den Organismen die beiden Eigenschaften zugesprochen, ihre Eigenthümlichkeiten auf ihre Nachkommen fortzupflanzen, gelegentlich aber auch Abweichungen davon hervorzubringen. Es ist nun aber klar, fährt Bischoff fort, dass diese Lehre einen logischen Widerspruch enthält. Wenn den Organismen die Fähigkeit zukommt, ihre Eigenschaften auf ihre Nachkommen aus innerem Grunde zu übertragen (und es ist sicher und unbezweifelbar, dass sie dieselbe in hohem Grade besitzen), so können sie daneben nicht auch die Fähigkeit haben, aus innerem Grunde auch einmal andere, ihnen selbst nicht zukommende Eigenschaften ihren Nachkommen zu ertheilen. Das Eine schliesst das Andere aus, beide Eigenschaften widersprechen sich und sind in einem und demselben Wesen nicht denkbar.

Wir finden es wohl begreiflich, wenn die Darwin'sche Theorie für Viele etwas Verlockendes hat. Die alte Neigung, alle Erscheinungen aus einem einzigen Realprincipe abzuleiten, macht sich hier geltend. Sicher ist der Gedanke, dass alle Organismen der Thier- und Pflanzenwelt aus einer einzigen Urform hervorgegangen, für Viele schon an sich ein sehr reizender. Die Darwin'sche Theorie macht die Sache einigermassen plausibel, indem sie zu allerlei Phantasien anregt, welche den allmäligen Uebergang von einer Art zur andern nicht gerade als sehr räthselhaft erscheinen lassen. Sie selbst erscheint zuvörderst gar nicht bedenklich, da sie von unbedenklichen Thatsachen ausgeht und auch in ihrem weiteren Verlauf immer wieder darauf zurückkommt. Es kostet ferner keine Mühe, sich die Individuen einer nämlichen Art als Wesen vorzustellen, welchen die Fähigkeit innewohnt, nach allen möglichen Richtungen zu variiren. Diese zahllosen möglichen Variationen erscheinen der Phantasie nicht so ganz als leere Möglichkeiten, indem man der gar mannigfach verschiedenen Organisationen gedenkt, welche die empirisch gegebene Thier- und Pflanzenwelt darbietet. Demgemäss denkt man sich unter der Fähigkeit, nach allen möglichen Richtun-

gen zu variiren, die Fähigkeit oder das Vermögen, alle jene Organisationen anzunehmen.* Die Lebensverhältnisse — reflectirt man weiter — bestimmen auf irgend eine Weise die Richtung des Variirens, das einmal in Vollzug gesetzt zu einer aufsteigenden Entwickelungsreihe führt, indem die bereits variirten Nachkommen abermals variiren, u. s. f., wobei der Gedanke einer Entwickelung von niedern zu höheren Formen schon aus gewissen empirischen Gründen vorwiegt. Die Phantasie von der natürlichen Zuchtwahl hilft vollends weiter, zumal da es sich zunächst nur um sehr geringe Abänderungen handelt, die sich im Laufe der Zeit summiren und steigern, wozu ja die künstliche Züchtung die nöthigen Belege liefert.

Die Darwin'sche Theorie übt einen ähnlichen Reiz wie weiland die namentlich von Schelling und Oken in Scene gesetzte Naturphilosophie, die allerdings, nachdem der erste Enthusiasmus vorüber war, bald in Verruf kam. Doch hat sich die ihr zu Grunde liegende pantheistische Naturansicht, ungeachtet ihrer inneren Widersprüche. bis auf den heutigen Tag in verschiedenen Formen erhalten. Darwin weist nun auch, indem er (in der Vorrede zu seinem Werke) derjenigen gedenkt, welche vor ihm gleiche oder ähnliche Ansichten ausgesprochen haben, auf Oken's „mystische" Naturphilosophie hin, die in ihrer Art doch consequenter als die Darwin'sche Theorie ist, namentlich was die aufsteigende Entwickelung von niederen zu höheren Formen betrifft. Gar leicht kann auch diese Theorie dem Pantheismus verfallen; ja bei vielen ihrer Anhänger dürfte sie schon einen pantheistischen Charakter erlangt haben. Je mehr sich nämlich die Einsicht aufdrängt, dass der unmittelbare und mittelbare Einfluss der äusseren Lebensverhältnisse die individuelle Variabilität nicht auf eine so durchgreifende und umfassende Weise, wie es die Darwin'sche Theorie fordert, herbeiführen kann, desto mehr wird man sich genöthigt finden, jene Variabilität als eine dem Organismus ursprünglich inwohnende Eigenschaft aufzufassen. Diese Ansicht ist schon eine pantheistische, indem sie zunächst zu Lamarck's Meinung von einem Gesetze fortschreitender Entwickelung und der ihm zu Grunde liegenden mystischen Lebenskraft zurückführt. Dazu gesellt sich noch ein anderer Umstand, der die Darwin'sche Theorie zum Pantheismus hintreibt. Bekanntlich stammen nach dieser Theorie alle Säugethiere von einem Ursäugethier ab, alle Vögel von einem Urvogel, alle Wirbelthiere von einem Urwirbelthier, u. s. f.

Es liegt nun nahe, die allgemeinen durch Abstraction aus dem erfahrungsmässig Gegebenen gewonnenen Begriffe als real zu nehmen *). Im Hinblick auf die Mannigfaltigkeit der wirklichen Thier- und Pflanzenformen gelangt man nämlich durch Beiseitesetzung der specifischen Differenzen zu immer allgemeineren Begriffen, die als gemeinsame Merkmale in allen ihnen untergeordneten Begriffen enthalten sind. Die gemeinsamen Merkmale aller Thier- und Pflanzenformen ergeben zusammen den höchsten hier in Betracht kommenden Begriff, der denn als real genommen die organische Urform sein würde, aus welcher vermöge der ihr innewohnenden Lebenskraft nach einem Gesetze fortschreitender Entwickelung alle Organismen der Thier- und Pflanzenwelt hervorgingen. In dieser Beziehung spricht man denn gern von einer fortschreitenden Differenzirung der organischen Materie zu neuen und reicheren Formen, indem man die specifischen Differenzen, die man zuvor bei dem Aufsteigen zu den allgemeinen Begriffen abgesondert hatte, nunmehr in umgekehrter Ordnung dem Wesen, das man sich in der Entwickelung begriffen denkt, successiv beilegt. In diesem pantheistischen Gedankenzuge pflegt man auch die logische Abhängigkeit der Begriffe voneinander als ein Abbild der wirklichen Abhängigkeit der Dinge voneinander anzusehen. Das logische Begriffsverhältniss des Allgemeinen und Besondern wird als ein reales gesetzt, d. h. das Allgemeine, welches als gemeinsames Merkmal in allen ihm untergeordneten Begriffen vorkommt, wird als die Ursache des Besondern gedacht, und somit ein Verhältniss logischer Abhängigkeit als das Verhältniss der realen Abhängigkeit der Wirkung von ihrer Ursache genommen. Dabei wird freilich übersehen, dass, obwohl das Allgemeine als Merkmal in allen ihm untergeordneten Begriffen, doch das Specifische der letzteren nicht als Merkmal in jenem enthalten ist, und daher auch nicht aus demselben folgen kann.

---

*) Giebel wirft (Zeitschr. für d. gesammten Naturwissenschaften Bd. 27. S. 53, Anmerkung) der Darwin'schen Theorie geradezu vor, dass sie reine Begriffe materialisire. „Denn die Arten, die Gattungen, die Familien, die Klassen existiren im System nur begrifflich, blos ideell als Typen und sie sollen nach Darwin als materielle Individuen in der Urzeit existirt haben; es sollen die heutigen Säugethierarten aus einem einst realiter vorhanden gewesenen Saugethiere, die sammtlichen Vogelarten aus einem Stück Federvieh, ja alle Wirbelthiere von einem leibhaftigen Wirbelthier abstammen."

Gewiss kann den in den zoologischen Systemen aufgestellten Allgemeinbegriffen keine reale Existenz zukommen. Sie können nicht als selbständige Wesenheiten angesehen werden, sondern nur in den wirklich gegebenen Individuen eine gewisse reale Bedeutung haben. Freilich liegt es gerade in dem Charakter der alten pantheistischen Naturphilosophie, dass sie eine Menge von Begriffen, von denen einer der logisch allgemeinste ist, gemäss ihrem Inhalt und Umfang in Verbindung setzt, und dieses logische Gefüge dergestalt für real nimmt, dass nicht nur die höheren Begriffe als Merkmale in den niederen, sondern eben so sehr diese in jenen enthalten sind. Der Fortschritt in der organischen Schöpfung besteht dann in dem Ablaufe einer Art ununterbrochener Schwangerschaft, indem das Allgemeine all' das Besondere, was die wirkliche Natur darbietet, allmälig aus sich entlässt oder in ihm sich auseinander faltet.

Nach der pantheistischen Weltansicht sind schliesslich auch die verschiedenen chemischen Grundstoffe, wie überhaupt die ganze Natur: sowohl die geistige als die leibliche, verschiedene Erscheinungsformen eines und desselben Urwesens, das unter dem widersprechenden Begriffe des absoluten Werdens, d. h. eines Werdens oder Geschehens ohne Ursache gedacht wird. Es liegt eben in der Natur des angenommenen Realprincips, dass es aus sich heraustritt, sich verändert und in den verschiedensten Formen umhertreibt. In den neueren idealistisch-pantheistischen Systemen pflegt man auch Sein und Denken als ideutisch zu setzen. Man betrachtet das absolute Werden oder die absolute Thätigkeit, worin sich das Eine Realprincip befinden soll, als ein Denken und demgemäss dieses Princip selbst mit dem Charakter der Vernünftigkeit ursprünglich begabt; daher es denn als ganz natürlich erscheinen muss, wenn dasselbe zweckmässig Geordnetes und Schönes producirt. Indessen gilt hier wiederum, was bereits oben von den allgemeinen Begriffen gesagt wurde. Aus dem allgemeinen Begriffe des Denkens folgen keine bestimmten Gedanken oder Formen des Denkens und daher auch nicht die besonderen Formen der Vernünftigkeit *).

Es war oben die Rede von einem Gesetze aufsteigender Ent-

*) Ueber die Grundirrthümer der idealistisch-pantheistischen (oder monistischen) Systeme der Philosophie in ihrer Entwickelung von Kant bis Hegel (und Schopenhauer) s. Chr. A. Thilo in Zeitschrift für exacte Philosophie Bd. I—VIII.

wickelung, das nach pantheistischer Ansicht der organischen Natur ursprünglich innewohnen soll. Die Annahme eines solchen Gesetzes harmonirt nun durchaus nicht mit dem, was wir auf Grund bestimmter Thatsachen empirisch und theoretisch von den chemischen Elementen wissen, aus welchen die organischen Körper bestehen. Diesen Elementen oder Grundstoffen inhäriren gewiss nicht ursprünglich irgend welche Lebenseigenschaften; sie haben keine ursprüngliche Tendenz, sich zu gewissen organischen Formen miteinander zu vereinigen. Treten die Massentheilchen solcher Stoffe unter besonderen Umständen zu einer sogenannten organischen Verbindung zusammen, so wird dieselbe je nach der Gruppirung jener Theilchen besondere Eigenthümlichkeiten darbieten, aber nicht von selbst zu einem höheren Gebilde sich zu entwickeln streben. Soll aus ihr etwas Neues und Höheres hervorgehen, so gehören dazu wiederum besondere Bedingungen, durch welche das Verhalten der betreffenden Stoffe zueinander und zu den umgehenden Medien neue Bestimmungen empfängt. Es wird dies deutlicher werden, wenn wir unsere Aufgabe nach ihren physiologischen (oder biologischen) Beziehungen näher ins Auge fassen.

Man weiss, dass die chemischen Grundstoffe, aus welchen die Organismen zusammengesetzt sind, auch in der unorganischen Natur vielfach vorkommen. Man findet sie hier in mancherlei Verbindungen, worin sie keine Spur von jenen Eigenschaften verrathen, welche das organische Leben vornehmlich charakterisiren. Insgemein sind diese Verbindungen einfacher und beharrlicher als die organischen Verbindungen, in welchen die Massentheilchen verschiedener Grundstoffe zu sehr complexen Molecülen miteinander verknüpft sind. So bestehen die Eiweisskörper oder Protein-Stoffe, die man vorzugsweise als Träger des organischen Lebens ansieht, aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und Schwefel. Phosphor scheint in den Eiweisskörpern nicht, wie man einst wähnte, als integrirender Bestandtheil vorzukommen; wohl aber werden dieselben fast überall von phosphorsauren Salzen begleitet, in der Art, dass zwischen ihnen und diesen Salzen ganz bestimmte Verhältnisse bestehen. Die wichtigsten Eiweisskörper sind nun Albumin, Casein und Fibrin: drei Verbindungen, die in Rücksicht ihrer procentischen Zusammensetzung nicht beträchtlich voneinander abweichen. Das Albumin, löslich in Wasser und durch Hitze gerinnbar, kommt in den Säften aller Organe vor, und enthält in 100 Gewichts-

theilen $C_{35,3}$ $H_{7,1}$ $N_{15,7}$ O_{22} $S_{1,8}$ *). Das Casein ist ebenfalls in Wasser löslich; doch kann die wässerige Lösung bis zum Sieden erhitzt werden, ohne dass dadurch eine Ausscheidung des Caseins bewirkt wird. Bringt man aber eine Säure in die Lösung, so scheidet sich das Casein aus. In den Pflanzen scheint seine Löslichkeit in Wasser durch einen Gehalt von Kali oder Natron bedingt zu sein. Das Casein der Milch enthält in 100 Theilen $C_{53,8}$ $H_{7,1}$ $N_{15,6}$ $O_{22,6}$ $S_{1,0}$ mit 4—6 Pct. phosphorsaurer Kalkerde (3 CaO PhO_5). Das Fibrin ist in der Form, wie es als sog. Kleber in den Getreidekörnern, namentlich im Weizen vorkommt, im Wasser unlöslich. Doch gelangte dasselbe anfänglich wohl sicher im Zustande einer Lösung, und zwar wahrscheinlich durch Vermittelung eines Alkali, in die Samenkörner. Im thierischen Organismus existirt das Fibrin hauptsächlich in zwei Formen, die unter den Namen Blut- und Muskelfibrin bekannt sind. Das letztere enthält nach Strecker in 100 Theilen $C_{35,2}$ $H_{7,1}$ $N_{15,8}$ $O_{20,3}$ $S_{1,2}$. Ferner gehört hierher das in den Blutkörperchen vorkommande Globulin, welches in 100 Theilen enthalten soll $C_{54,5}$ $H_{6,9}$ $N_{16,5}$ $O_{20,9}$ $S_{1,2}$.

Die Zusammensetzung der Eiweisskörper ist eine sehr complicirte, da nicht nur eine relativ grosse Anzahl verschiedener Grundstoffe dabei betheiligt ist, sondern auch die meisten dieser Stoffe in einer relativ sehr grossen Anzahl von Massentheilchen in den betreffenden Verbindungen vorkommen. Hierin ist es denn auch zum Theil begründet, dass die Eiweisskörper mancherlei Modificationen oder Umwandlungen zulassen, indem sich ihre Massentheilchen auf manniglach verschiedene Weise gruppiren können. Erinnert sei in dieser Beziehung an die verschiedenen isomeren Modificationen der mit der Nahrung aufgenommenen Eiweissstoffe. Die letzteren zerfallen auch leicht, selbst innerhalb des thierischen Organismus, in einfachere Verbindungen, von denen jedoch viele im Vergleich zu den meisten anorganischen Verbindungen immerhin noch sehr complicirt sind. Als Umwandlungs- und Zersetzungsproducte der Eiweisskörper findet man u. a. angeführt: die Hornsubstanz, den sogenannten elastischen Stoff, welcher die Grundlage der sehr verbreiteten elastischen Gewebe bildet, ferner Chondrigen, Collagen, Mucin (Schleimstoff), Pepsin, welches letztere im Magen- und Darm-

*) Ueber (thierisches) Albumin und Casein s. Lieberkühn in Poggend. Ann. Bd. 86. S. 117 und 298.

saft unter Mitwirkung von Milchsäure die im Wasser unlöslichen eiweissartigen und leimgebenden Substanzen in lösliche Modificationen umwandeln soll; ferner Taurin, Glycin, Leucin und Tyrosin, als Zersetzungsproducte der Muskeln Sarcin, Kreatin (C_8 N_3 H_9 O_4 $+2$ *aq.* *) und Kreatinin, endlich Hippursäure, Harnsäure und Harnstoff (C_2 N_2 H_4 O_2). Letzterer geht durch Fäulniss unter Aufnahme von Wassser in Kohlensäure und Ammoniak über.

Bei den mannigfachen Umwandlungen der Eiweisskörper werden nun vorher gebundene (latente) Kräfte als freie auftreten, was in Ansehung des Lebensprocesses nicht ohne Bedeutung sein kann. Als besonders bedeutsam sieht man aber den Umstand an, dass die Umsetzung (resp. Zersetzung) der Eiweisskörper sich auf andere zersetzungsfähige Körper überträgt, ohne dass dabei die Bestandtheile jener Körper sich mit den Bestandtheilen der letzteren chemisch verbinden; daher man denn in diesem Sinne von einer erregenden (fermentativen, katalytischen oder Contact-) Wirkung der Eiweisskörper spricht. Zu den mannigfachen Umsetzungen, welche die Eiweisskörper im thierischen Organismus bewirken, rechnet man u. a. die Umwandlung einer Modification der Eiweissstoffe in eine andere, ebenso die Umwandlung der Stärke in Dextrin und Traubenzucker, und die des letzteren in Milchsäure. Alle Umsetzungsprocesse, welche durch die Eiweisskörper angeregt werden, vollziehen sich, wie der Lebensprocess überhaupt, innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, wie denn auch dieselben Stoffe, welche den Lebensprocess behindern oder gar zum Stillstande bringen, jene Umsetzungsprocesse in ihrem normalen Verlaufe hemmen oder aufheben. Diese Stoffe sind die sogenannten Gifte.

Bemerkenswerth ist noch, dass manche Modificationen der Eiweisskörper gegen alle andern Verbindungen des thierischen Organismus sich chemisch indifferent verhalten, daher dieselben, wie man physiologisch erkannt hat **), zu Behältern und Filtris für Flüssigkeiten geeignet sind, welche sonst eine energische Affinität bekunden. Dagegen können andere Modificationen derselben Körper sich mit Säuren, Basen und Salzen verbinden. Man zählt hierher u. a. das Albuminnatron, welches im Speichel und Blut vorkommt, so wie

*) Liebig: Chemische Untersuchung über das Fleisch etc. S. 37 f.

**) s. Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. Bd. I. S. 50.

die Verbindungen des Albumins und Caseins mit phosphorsaurer Kalkerde, wodurch die letztere in alkalischen Flüssigkeiten löslich wird.

Nicht minder beachtenswerth sind die Eigenschaften, welche die Eiweisskörper in physikalischer Beziehung bekunden. In Folge gewisser Einwirkungen können diese Körper leicht aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand oder umgekehrt aus diesem in jenen übergehen. So gerinnt der Faserstoff an der Luft, das gelöste Casein in Berührung mit Laabmagen, das lösliche Eiweiss in Contact mit flüssigen Fetten. Umgekehrt wandelt sich der feste Faserstoff beim Stehen an der Luft in einen löslichen Eiweisskörper um, etc. Dieser leichte Uebergang aus dem einen Aggregatzustande in den andern macht die Verdauung der festen Eiweisskörper, die Bildung der Gewebe aus dem flüssigen Blute u. dglch. begreiflich. Sodann sind die Eiweisskörper vornehmlich wegen ihres geringen Bestrebens zur Krystallisation zur Bildung von sehr verschieden geformten Gewebselementen geeignet, indem hier die Widerstände fehlen, welche sich sonst jeder andern Gruppirung der Massentheilchen, als der durch das Krystallisationsbestreben bedingten entgegenstellen würden. Hätten die Eiweisskörper in der Art wie viele anorganische Verbindungen ein vorherrschendes Streben zur Krystallisation, so würden nicht allein der ersten Bildung von Röhren u. dgl. Schwierigkeiten entgegenstehen, sondern auch die einmal gebildeten Formen leicht wieder in krystallinische Bruchstücke zerfallen *). Doch ist damit nicht die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die Eiweisskörper unter gewissen Umständen auch krystallinisch auftreten können. In einzelnen Pflanzen finden sich Eiweisskörper wirklich als kleine Krystalle vor, die ein gewisses Aufquellungsvermögen zeigen und leicht in die gewöhnliche Form übergehen.

Ferner ist es bedeutsam, dass die im starren Aggregatzustande vorkommenden Eiweisskörper eine beträchtliche Adhäsion zum Wasser und zu vielen wässerigen Lösungen, wie auch theilweise zu Fetten haben. Durch die allmälige Absorption von Wasser, welche bis zu einer gewissen Grenze fortschreitet, nimmt ihr Volumen bedeutend zu; daher eine geringe Menge fester Substanz schon ein sehr voluminöses Gewebe darzustellen vermag. In Folge der Wasseraufnahme verändert sich auch die Cohäsion und Elastici-

*) Ludwig, a. a. O. S. 51.

tät der betreffenden Körper, sowie ihr Verhalten zur Wärme, zu den Lichtstrahlen und elektrischen Strömen, indem sie für die letzteren an Leitungsfähigkeit gewinnen. Auch können sie nunmehr manchen wässerigen Lösungen den Durchgang gestatten, indem sich diese vermöge chemischer Affinitäten in dem eingesogenen Wasser verbreiten, wogegen andere derartige Flüssigkeiten nicht durchdringen können, wenn sie das von jenen Körpern aufgenommene Wasser nur mechanisch zu verdrängen suchen.

Die thierischen Organismen empfangen nun die Eiweisskörper oder Proteinstoffe, deren sie zu ihrer Existenz bedürfen, in den Nahrungsmitteln. Es sind die Pflanzen, welche jene Körper aus den betreffenden chemischen Elementen bilden; daher das Thierreich bezüglich seiner Existenz, wie man positiv weiss, unmittelbar oder mittelbar von der Pflanzenwelt abhängt.

Die Pflanzen finden die zur Bildung der Eiweisskörper nöthigen Grundstoffe zum Theil in der Atmosphäre. Hier haben wir die Kohlensäure (CO_2), welche in den Blättern der Pflanzen unter Einwirkung des Lichtes eine Zerlegung erfährt. Der Kohlenstoff (C) bleibt in der Pflanze, während der Sauerstoff (O) in die Atmosphäre entweicht. Das Wasser, bestehend aus Wasser- und Sauerstoff, ist ebenfalls allgemein verbreitet und kann von den Pflanzen durch die Wurzeln aufgenommen werden. An Stickstoff ist die Atmosphäre bekanntlich sehr reich; sie enthält dem Volumen nach in 100 Theilen 79 Theile Stickstoff und 21 Th. Sauerstoff. Allein dieser freie Stickstoff nimmt keinen Antheil an dem Vegetationsprocess der Pflanzen. Wohl aber findet sich in der Atmosphäre als ein Product der Verwesung animalischer und vegetabilischer Substanzen eine gasförmige Verbindung von Wasser- und Stickstoff: das sogenannte Ammoniak, welches den Pflanzen Stickstoff liefert. Ausserdem kann dieser Stoff noch als Bestandtheil verschiedener Salze den Pflanzen durch die Wurzeln zugeführt werden. Analoges gilt von dem Schwefel und Phosphor.

Die Pflanzen können die Eiweisskörper sicher nicht unmittelbar aus den bezeichneten Grundstoffen bilden. Die letzteren müssen denselben in gewissen Verbindungen dargeboten werden, welche denn im pflanzlichen Organismus eine derartige Zerlegung erfahren, dass jene Stoffe in den zur Bildung der Eiweisskörper geeigneten Verhältnissen einander begegnen.

Da nun die Herstellung der Eiweisskörper, wie sie als nähere

Bestandtheile in allen Organismen vorkommen, so weit unsere Erfahrung reicht, die Existenz von Organismen (Pflanzen) voraussetzt, so könnte man diesen Umstand wiederum zu Gunsten der Ansicht von der Ewigkeit des organischen Lebens in Anspruch nehmen. Ein fertiger Organismus bildet aus den Elementen verschiedener Verbindungen organische Formen von solcher Art, wie sie demselben bereits eignen. Bei genauerer Erwägung ergibt sich jedoch ein jener Ansicht geradezu widersprechendes Resultat. Dass eine individuelle Fortpflanzung der Organismen, auch der niedrigsten, nicht von Ewigkeit her stattfinden konnte, ist bereits (S. 136 dargethan. Ebenso unzulässig würde aber auch die Annahme sein, es hätte eine gewisse Menge jener näheren Bestandtheile der Organismen von Ewigkeit her existirt. Dem widerspricht schon die erfahrungsmässig erkannte Beschaffenheit solcher Bestandtheile, namentlich ihre leichte Vergänglichkeit. Keiner dieser Körper konnte von Ewigkeit her bestehen und dann irgend einmal zur Herstellung von Organismen Verwendung finden. Da der pflanzliche Organismus solche Körper nicht unmittelbar aus ihren Elementen zu bilden vermag, so konnte auch nicht ein ursprüngliches, d. i. von Ewigkeit her bestehendes Zusammen dieser Elemente in der Form jener Körper statthaben. Waren die Elemente, welche die Organismen constituiren, also *O, H, C, N, S,* u. s. w., ursprünglich unter solchen Umständen zusammen, dass der Aeusserung ihrer Affinitäten keine Hindernisse entgegenstanden: so konnten dieselben, abgesehen von näheren Bestimmungen, doch nur nach den ihren ursprünglichen Qualitäten entsprechenden Affinitätsverhältnissen miteinander verbunden sein und demgemäss nur verschiedene Substanzen von jener Art bilden, wie sie die anorganische Natur darbietet. Die in Rede stehenden Elemente müssen eben durch eine Reihe verschiedener Processe oder Verbindungen hindurch gehen, bevor sie sich in irgend einer organischen Form miteinander vereinigen können, wie auch umgekehrt die complexen organischen Molecüle stufenweise wieder in einfachere anorganische Gruppen zerfallen (S. 178 f.) Nicht direct also, vermöge eines ursprünglichen Zusammen, sondern nur mittelbar nach einem Durchgange durch verschiedene Verbindungen konnten die bezeichneten Elemente zu organischen Molecülen zusammentreten.

Das zuvor Gesagte wird noch an Evidenz gewinnen, wenn wir unseren Gegenstand vom Standpunkte derjenigen Naturansicht

schärfer in Betracht nehmen, welche dermalen den physikalischen, chemischen und physiologischen Deductionen vornehmlich zu Grunde liegt. Wir meinen die atomistisch-mechanische Naturansicht. Darnach besteht die Materie aus kleinsten, nicht weiter zerlegbaren Theilchen, den Atomen, die durch gegenseitige Anziehung mit einander verknüpft sind. Ausser diesen Grundatomen, welche gewissermassen die Kernpunkte der wägbaren Materie bilden, gibt es noch eine andere Art von Atomen, nämlich die sogenannten Aetheratome, die sich gegenseitig abstossen sollen, während zwischen ihnen und den Grundatomen Anziehung stattfindet. Diese physikalische Atomistik hat sich zur Erklärung vieler mechanischer und physikalischer Vorgänge als sehr brauchbar erwiesen. Doch deuten die mancherlei chemischen Processe entschieden auf qualitative Verhältnisse der verschiedenen Grundstoffe hin. Gewiss sind diese Processe nicht blosse Anziehungs- und Abstossungsphänomene. Aus einer blossen Anziehung (resp. Abstossung) qualitativ gleicher Grundatome lässt sich die erfahrungsmässig gegebene Verschiedenheit der Materie durchaus nicht erklären. Dies hat auch die theoretische Chemie erkannt; daher sie für die mannigfachen Differenzen, welche die Materie an den Tag legt, hauptsächlich drei Erklärungsgründe hervorhebt, nämlich erstens die verschiedene Qualität der Grundatome, dann die Verbindung verschiedener Atome in ungleichen quantitativen Verhältnissen, und drittens die verschiedene Gruppirungsweise der Atome. Nun kann jedoch die verschiedene Qualität der Atome, genauer erwogen, nur dann einen wahrnehmbaren Erfolg haben, wenn dieselbe auf die Anziehung und Abstossung der Atome einen bestimmten Einfluss ausübt, oder mit andern Worten, wenn die hier in Betracht kommenden Kräfte der Anziehung und Abstossung ein Ausdruck des qualitativen Verhaltens der Atome zueinander sind. In diesem Sinne vermag aber die ungleiche Qualität der Atome sich nur dann geltend zu machen, wenn die letzteren miteinander in innige Berührung kommen und füreinander durchdringlich sind. Erfahrungsmässig ist nun bekannt, dass die chemische Action in der That die innigste Berührung der betreffenden Stoffe erfordert. Je grösser aber die chemische Differenz, d. h. der qulitative Gegensatz dieser Stoffe ist, desto energischer ist, wie man wiederum erfahrungsmässig weiss, ihre chemische Action. Daher definirt man auch die chemische Verbindung im engern Sinne als eine Vereinigung ungleichartiger, d. i. qualitativ entgegengesetzter

Stoffe zu einem gleichartigen Ganzen. Aus alledem lässt sich aber entnehmen, dass die chemische Action überhaupt, also auch die mit ihr verknüpfte Attraction und Repulsion zuvörderst auf dem qualitativen Gegensatze der chemischen Grundstoffe oder vielmehr der diese Stoffe constituirenden Grundatome beruht. Eine consequente Bearbeitung dieser Begriffe führt nothwendig zu der zuerst von Herbart begründeten Monadologie.

Nach dieser Monadologie sind die Atome, als die letzten realen Elemente der Natur, einfache Wesen. Jedes Atom besitzt als ein Seiendes ursprünglich eine bestimmte Beschaffenheit oder Qualität. Denn der Begriff des Seins bezieht sich nothwendig auf ein Was, das ist. Diese Qualität ist in Ansehung eines jeden einzelnen Atoms schlechthin einfach und nicht mit dem zu verwechseln, was man insgemein „Eigenschaft" nennt und erst aus der Wechselwirkung mehrerer Seienden resultirt. Jedes Atom ist und bleibt, was es ist; es hat nicht ursprünglich eine Mehrheit verschiedener Eigenschaften, daher auch keine ursprüngliche Tendenz, andere Atome — durch den leeren Raum hindurch — anzuziehen oder abzustossen. Wohl aber kann die ursprüngliche an sich schlechthin einfache Qualität eines Atoms verschieden sein von der eben so einfachen Qualität eines andern Atoms. Die eine Qualität kann der andern beziehungsweise gleich und entgegengesetzt sein. In diesem Falle wird jedes Atom durch das andere, wenn beide zusammen sind, zu einer Thätigkeit bestimmt, durch welche es einer Abänderung seiner Qualität, die ihm von dem Entgegengesetzten des andern droht, begegnet. Das Entgegengesetzte in den Qualitäten beider Atome würde sich nämlich gegenseitig vernichten, wenn dasselbe nicht, in Ansehung jedes einzelnen Atoms, mit dem, was nicht im Gegensatze steht, zu einem sich selbst gleichen vollkommen intensiven Eins verbunden wäre. Der hier in Rede stehende Gegensatz ist nicht etwa ein contradictorischer, sondern ein conträrer, so dass sich in Bezug auf beide Qualitäten Gleiches (Verwandtes) und Entgegengesetztes unterscheiden lässt. Bildlich kann man den qualitativen Gegensatz zwischen zwei Atomen *A* und *B* durch die Formeln $a+b$ und $a+(-b)$ darstellen, wo das $-b$ in dem Ausdrucke für die Qualität des *B* etwas durchaus Positives, jedoch dem b (in der Formel für *A*) Entgegengesetztes bedeutet. Kommen nun beide Atome irgendwie mit einander in Berührung, so sollten dieselben, so weit ihre Qualitäten ein-

ander entgegengesetzt sind, sich gegenseitig aufheben, was jedoch unmöglich ist, da eben das Gleiche und Entgegengesetzte in ihnen nicht abgesonderte und abtrennbare Stücke sind. Jedes Atom beharrt daher innerlich gleichförmig im Sein. Eine Verminderung des Seins ist hier ebenso wenig annehmbar als eine Veränderung der Qualität. Beides würde in Betreff des Atoms als eines realen Wesens zu Widersprüchen führen. Allein jenes Beharren ist dennoch kein solches, wie wenn gar nichts vorginge. Ein Grund der Vernichtung oder qualitativen Störung ist wegen des Gegensatzes immerhin vorhanden. Diesem Grunde muss irgend etwas entsprechen, was man den Act der Selbsterhaltung des Atoms nennen kann. Jedes Atom erhält sich wider das andere als das was es ist. Sonach ist der Act der Selbsterhaltung ein Bestehen wider eine Störung, die in dem qualitativen Gegensatze der Atome begründet ist. Die Selbsterhaltung hat als ein innerer Zustand des Atoms in jedem Falle einen eigenthümlichen — qualitativ bestimmten — Charakter, der wie die Art der versuchten Störung von der Art des Gegensatzes zwischen den verschiedenen Atomen abhängig ist.

Der qualitative Gegensatz zwischen den Atomen bringt es also mit sich, dass dieselben sich nicht gleichgiltig zu einander verhalten, sondern auf bestimmte Weise ineinander eingreifen und gegenseitig reagiren. Sind demnach zwei qualitativ entgegengesetzte Atome zusammen, so befindet sich jedes in einem eigenthümlichen Zustande der Reaction, indem beide zugleich dem Gegensatze zwischen ihren Qualitäten widerstehen; daher denn auch beide Atome zugleich, ganz und ungetheilt wie sie sind, als Kräfte sich äussern. Beide sind Stoff und Kraft zugleich. Mit dieser reactiven Thätigkeit der Atome hängt unmittelbar das zusammen, was man durch das Wort Anziehung oder Attraction bezeichnet. Zwei qualitativ entgegengesetzte Atome haben, falls sie miteinander in Berührung kommen, eben nur das Bestreben tiefer ineinander einzudringen. Diese Attraction wird aber beschränkt durch Repulsion, wenn mehrere qualitativ gleiche Atome einer gewissen Art *B* in ein ihnen entgegengesetztes Atom *A* einzudringen suchen. Das äussere Arrangement oder Lagenverhältniss dieser Atome muss dann ihren inneren Reactionszuständen entsprechen. Indem die attractiven und repulsiven Thätigkeiten der Atome sich untereinander in's Gleichgewicht setzen, entsteht auch allemal eine bestimmte Configuration. So werden zwei qualitativ gleiche Atome *B*, *B* mit einem

ihnen entgegengesetzten Atom *A* eine lineare Configuration bilden, worin *A* die Mitte einnimmt. Drei gleiche Atome von der Art *B* werden um *A* ein gleichseitiges Dreieck, vier ein Quadrat und acht einen Würfel um dasselbe bilden. Gewiss muss hier eine Mehrheit der *B* sich gleichmässig um *A* gruppiren, da ein Grund zur Ungleichheit nicht vorhanden ist. Trifft dagegen ein Atom *A* zusammen mit zwei Atomen *B*, *B'* und zwei andern unter sich ebenfalls qualitativ gleichen Atomen *C*, *C'*, deren Gegensatz zu *A* jedoch stärker ist als der zwischen *A* und den Atomen von der Art *B*: so werden die beiden *C* tiefer in *A* eindringen als die beiden *B*. Die Anordnung dieser vier Atome um *A* kann dann nicht eine vollkommen regelmässige, wohl aber noch eine symmetrische sein. Drei qualitativ entgegengesetzte Atome *A*, *B*, *C* werden nicht eine lineare, sondern eine flächenförmige (dreieckige) Gestaltung, vier qualitativ entgegengesetzte Atome aber schon ein polyedrisches oder pyramidales Massentheilchen bilden.

Wir haben oben zwischen Grund- und Aetheratomen unterschieden. Das eben Hervorgehobene bezieht sich auf die Grundatome, als die eigentlichen Kernpunkte der wägbaren Materie. Was nun die Aetheratome anlangt, so ist ihre Annahme schon wegen der Licht- und Wärmeerscheinungen — insbesondere der Licht- und Wärmestrahlen — unerlässlich *). Unter diesen Atomen haben wir solche zu verstehen, deren qualitativer Gegensatz zu den Grundatomen von der Art ist, dass jedes der letzteren eine relativ sehr grosse Anzahl derselben in concentrischen Schichten um sich gruppiren kann; daher denn jedes Grundatom von einer Aethersphäre umschlossen ist. Vermöge dieser Aethersphären können nun die Grundatome auch in die Ferne aufeinander wirken und zufolge ihrer inneren Reactionszustände und der damit unmittelbar verknüpften Attraction und Repulsion in bestimmten Abständen ein gewisses Gleichgewichtsverhältniss eingehen, womit denn auch eine bestimmte Gestaltung der kleinsten aus den Grundatomen bestehenden Massentheilchen gegeben ist. Diese Theilchen, welche sich in Folge gegenseitiger Anziehung zu grösseren Massen miteinander vereinigen können, müssen also stets in einer bestimmten räumlichen Configuration auftreten, sobald zwischen den attractiven und

*) s. C. S. Cornelius über „Die Wechselwirkung der physischen Kräfte von Grove" in Zeitschrift für exacte Philosophie, Bd. III. S. 440; 448 ff.

repulsiven Thätigkeiten ihrer Atome sich ein bestimmtes Gleichgewicht herausgestellt hat. Auch können die Massentheilchen oder Molecüle eines im Ganzen unkrystallinischen (amorphen) Körpers krystallinisch gestaltet und in kleinere krystallinische Gruppen geordnet sein, wo denn der Mangel einer krystallinischen Gestaltung des Ganzen nur darin liegen wird, dass jene Gruppen unregelmässig aneinander gefügt sind.

Die dargelegten Principien *) führen zunächst auf die starre Materie mit ihrer Cohäsion und Elasticität. Diese Materie kann in Folge gewisser Bewegungsverhältnisse der die Molecüle constituirenden Grund- und Aetheratome in den tropfbar-flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand übergehen. Auch ist es nach denselben Principien begreiflich, wie die ungleichartigen Massentheilchen der verschiedenen chemischen Grundstoffe sich in bestimmten quantitativen Verhältnissen mannigfach miteinander verbinden, und aus den geschlossenen Verbindungen nach bestimmten Gesetzen verdrängen können. Von einer sogenannten Lebenskraft ist jedoch hier keine Spur zu finden. Vielmehr ist die Annahme einer solchen Kraft, wenn man darunter ein besonderes Lebensprincip versteht, nach jenen Principien schlechthin zu verwerfen. Denn die Atome besitzen als einfache Wesen keine ursprünglichen Tendenzen oder Kräfte irgend welcher Art, daher auch keine ursprünglichen Lebenskräfte. Der Begriff des Atoms wird sofort ein in sich widersprechender, das Atom selbst also zu einem Unding, wenn man demselben irgend welche ursprüngliche, d. i. ursachlose Tendenzen oder Thätigkeiten zuschreibt. Eine solche Voraussetzung führt unvermeidlich zu dem Princip der pantheistischen Naturansicht, nämlich zu dem Begriffe des absoluten Werdens, also eines Werdens oder Geschehens ohne Ursache zurück.

Alles was geschieht, muss eine Ursache haben. So erfordert das zuvor betrachtete Geschehen, welches mit den Grundkräften der Materie in nächster Beziehung steht, eine Mehrheit von Seienden (Atomen), zwischen deren Qualitäten ein gewisser Gegensatz stattfindet. Das Seiende selbst bedarf keiner Ursache. Die Atome, als die letzten realen Elemente der Natur, können also von Ewigkeit her existiren. Denn der öfter ausgesprochene Satz: alles

*) eine nähere Begründung und weitere Entwickelung findet man in „Grundzüge einer Molecularphysik“ von C. S. Cornelius. Halle 1866.

müsse eine Ursache haben, ist gleichbedeutend mit der Aussage, dass Nichts ist und Nichts geschieht, da derselbe, wenn das Wort „Alles“ nicht auf irgend ein Geschehen bezogen wird, zu einem regressus in infinitum und damit eben begriffsmässig zu dem absoluten Nichts führt. Wir können daher nur beistimmen, wenn Czolbe *) den Satz: Alles müsse eine Urache haben, ein Vorurtheil nennt. Allein aus der Verwerfung dieses Satzes folgt nichts zu Gunsten der Annahme eines ewigen Bestehens der zweckmässig geordneten Welt. Allerdings kann es ein ursprüngliches, d. h. anfangsloses Zusammen mehrerer Atome geben. Diese Atome werden denn auch, falls zwischen ihren Qualitäten ein gewisser Gegensatz besteht, von Ewigkeit her in bestimmten Reactionszuständen sich befinden. Für dieses ursprüngliche oder anfangslose Geschehen gilt wie für die betreffenden Atome selbst der Begriff einer **zeitlosen Ewigkeit** ohne Unterschied von Momenten. Nun ist aber nicht alles Geschehen ein solches; es gibt vielmehr, wie man erfahrungsmässig weiss, ein mannigfach wechselndes, durch die Bewegung der Molecüle und grösserer Massen herbeigeführtes und sich zeitlich vollziehendes Geschehen. Mit dem blossen ursprünglichen Zusammen der Atome ist noch nicht die Existenz irgend einer organischen Zweckform gegeben, auch dann nicht, wenn wir Atome von geeigneter Qualität in deu erforderlichen quantitativen Verhältnissen als ursprünglich zusammen annehmen. Diese Atome könnten sich doch nur auf eine ihren ursprünglichen Qualitäten entsprechende Weise zu einander verhalten. Je nach ihrem qualitativen Gegensatze und der damit verknüpften Attraction würden sie zu verschiedenen Massentheilchen in der Form des Starren miteinander vereinigt sein. Wohl könnte das aus solchen Theilchen zusammengefügte Ganze vermöge einer oscillatorischen Bewegung der Grund- und Aetheratome auch im tropfbaren oder gasförmigen Aggregatzustande existiren, aber keinesfalls ohne Weiteres die Beschaffenheit einer organiscben Form besitzen. Schon oben haben wir im Hinblick auf die chemischen Grundstoffe, aus welchen die näheren Bestandtheile der Organismen zusammengesetzt sind, bemerkt, dass aus dem blossen Zusammensein dieser Stoffe noch keineswegs die bezeichneten Bestandtheile oder organischen Formelemente resultiren können. Dieselben werden sich vielmehr, falls

*) A. a. O. S. 159.

keine Hindernisse entgegenstehen, nach den gewöhnlichen Affinitätsgesetzen miteinander verbinden, d. h. so wie es der ursprüngliche qualitative Gegensatz zwischen den ihre Massentheilchen constituirenden Grundatomen erfordert. Es muss hier eine Ursache vorhanden sein, welche eine beharrliche (resp. krystallinische) Configuration von der Art, wie wir sie bei den anorganischen Verbindungen finden, verhindert und dagegen einen manniglachen Uebergang der Atome und Molecüle aus einer Lage in die andere und demgemäss eine manniglaltige und stetige Umwandlung der aus ihnen zusammengesetzten Stoffe gestattet, damit ein allmäliger Wechsel durch viele verschiedene Stufen fortlaufe, wie dergleichen die Processe der Assimilation und des organischen Stoffwechsels erkennen lassen. Diese Ursache kann nicht in einer besonderen Lebenskraft liegen, sondern nur darin, dass die betreffenden Grundstoffe durch eine Reihe von Verbindungen hindurchgehen und in Folge einer bestimmten Zerlegung dieser Verbindungen mit den inneren Reactionszuständen, die ihre Atome darin gewonnen haben, einander begegnen. Diese inneren Zustände werden es mit sich bringen, dass jene Stoffe in einer von den gewöhnlichen Affinitätsgesetzen abweichenden Weise gegen einander reagiren; daher denn auch das Verbindungsverhältniss und das Arrangement der Molecüle von eigenthümlicher Art sein wird. Denken wir uns, um den einfachsten hierher gehörigen Fall, wozu auch schon die anorganische Chemie Beispiele liefert, vorzuführen, zwei qualitativ gleiche Atome A und A': das eine in Verbindung mit dem Atom B, das andere hingegen verbunden mit einem dem B qualitativ entgegengesetzten Atom D. Dann befindet sich das Atom A in einem andern — entgegengesetzten — Reactionszustande als A'. Scheiden nun beide Atome, A und A', durch die Einwirkung anderer aus ihren Verbindungen aus, so werden sie im Moment ihrer Trennung von B und D, falls sie einander begegnen, sich auf analoge Weise zu einander verhalten wie zwei Atome, zwischen deren Qualitäten ein ursprünglicher Gegensatz besteht, vorausgesetzt nämlich, dass die betreffenden Reactionszustände nicht durch anderweitige Einwirkungen gehemmt und in ihrer freien Wirksamkeit gänzlich gebunden werden. Gehen beide Atome, A und A', durch eine Reihe verschiedener Verbindungen hindurch, tritt also jedes mit verschiedenen andern — qualitativ entgegengesetzten — Atomen in Wechselwirkung, so wird sich in jedem eine Mehrheit qualitativ entge-

gengesetzter Reactionszustände erzeugen. Diese inneren Zustände können als Thätigkeiten eines und desselben Atoms sich nicht gleichgiltig zu einander verhalten, sondern müssen sich vielmehr je nach ihrer Intensität und dem Grade des zwischen ihnen bestehenden Gegensatzes gegenseitig hemmen oder in ihrer freien Wirksamkeit binden. Jedenfalls wird nun aber die Art und Weise, wie mehrere Atome von der Beschaffenheit *A* sich mit einander verbinden und ein grösseres Ganze gestalten, sowohl von der Menge als von der Art der inneren Zustände abhängen, welche sie in Folge ihrer Wechselwirkung mit verschiedenen andern Atomen gewonnen haben. Sonach kann eine Mehrheit ursprünglich qualitativ gleicher Atome vermöge der vorausgegangenen Wechselwirkung mit verschiedenen andern Atomen ein grösseres materielle Ganze von eigenthümlicher Beschaffenheit bilden. Dem Gleichgewichte der inneren Reactionszustände in allen Atomen muss schliesslich auch ein bestimmtes Gleichgewicht in Hinsicht auf das äussere Lagenverhältniss sämmtlicher Atome entsprechen, da jene Zustände, falls die betreffenden Atome zusammen sind, als attractive und repulsive Kräfte wirken. Freilich kann es dabei. namentlich wenn die Anzahl der verschiedenen inneren Zustände in den einzelnen Atomen verhältnissmässig sehr gross ist, leicht geschehen, dass ein statisches Gleichgewicht im engeren Sinne, also ein festes gegenseitiges Lagenverhältniss dieser Atome sich nicht herausstellt, sondern die letzteren in einer gewissen oscillatorischen Bewegung begriffen bleiben, indem bald die attractive, bald die repulsive Thätigkeit das Uebergewicht gewinnt.

Was wir hier im Hinblick auf einfache Atome einer gewissen Art gesagt haben, gilt nun auch von den aus verschiedenen Atomen zusammengesetzten Massentheilchen der chemischen Grundstoffe. Die Atome der unter sich gleichartigen Molecüle eines bestimmten Grundstoffes, z. B. des Kohlen- oder Stickstoffes, können in Folge ihrer Wechselwirkung mit den Massentheilchen verschiedener andrer Stoffe in besondere innere Reactionszustände gerathen und dadurch, falls sie einander begegnen, zu einer besonderen Gruppirungsweise genöthigt werden, wie denn auf demselben Wege auch die Verbindung zwischen den ungleichartigen Massentheilchen verschiedener Grundstoffe einen besonderen Charakter gewinnen kann *). Die Atome der sogenannten chemischen Elemente müs-

*) s. Cornelius, Grundzüge einer Molecularphysik S. 56 f.

sen also, ehe sie eine organische Form constituiren können, besondere Bestimmungen ihrer ursprünglichen Qualität angenommen haben, welche als innere Reactionszustände ein Gesetz der Veränderung in sich tragen, wovon die veränderliche Configuration die äussere Folge ist. Wie in der anorganischen, so gilt auch in der organischen Natur das Gesetz, dass die Form ihren Grund in der Mischung hat. D. h. die inneren und äusseren Zustände der Atome bestimmen sich gegenseitig; schliesslich muss aber, wie wir schon bemerkten, das äussere Lagenverhältniss der Atome und Massentheilchen ihren inneren Reactionszuständen genau entsprechen. Sind daher diese Zustände von besonderer Art, so wird demgemäss auch das äussere Lagenverhältniss auf eine besondere Weise sich gestalten.

Nach alledem sind nun die vitalen Kräfte von den chemischen Kräften nicht wesentlich verschieden. Die vitale Action ist zusammengesetzter als die eigentliche chemische Action, da jene nur möglich ist, nachdem sich eine Menge innerer Reactionszustände bestimmter Art in den Atomen der betreffenden Stoffe erzeugt hat. Man kann hier von einer inneren Bildung und einer damit verknüpften inneren Reizbarkeit der Atome sprechen. Diese innere Bildung beruht eben auf einem System von inneren Reactionszuständen, welches die betreffenden Atome allmälig in Folge einer Reihe von Wechselwirkungen mit verschiedenen andern Atomen erlangten. Die Art der inneren Bildung hängt natürlich von der besonderen Beschaffenheit der inneren Zustände ab, die sich je nach ihrer Stärke und dem Grade ihres Gegensatzes mannigfach miteinander verbinden und gegenseitig hemmen oder in ihrer freien Wirksamkeit binden. Die Hemmung eines Reactionszustandes darf nicht etwa als eine Vernichtung desselben angesehen werden; vielmehr dauert die gehemmte Thätigkeit als ein innerer Zustand des Atoms fort, und zwar gewissermassen als eine Spannkraft, indem dieselbe fortwährend bestrebt ist, sich von der Hemmung zu befreien oder in den ungehemmten Zustand zurückzukehren. Dieses Streben hat Erfolg, sobald die jener Thätigkeit entgegenstehenden Reactionszustände selbst durch andere hinreichend stark gehemmt werden. In dem Maasse als diese Hemmung fortschreitet, gelangt auch jene Thätigkeit wieder zur freien Wirksamkeit. Eine solche gehemmte (latente oder gebundene) Thätigkeit eines Atoms kann u. a. dadurch wiedererweckt oder zu einer lebendigen Kraft wer-

den, wenn dasselbe mit demjenigen Atom, von welchem der betreffende Reactionszustand anfänglich herrührt, in erneuerte oder innigere Wechselwirkung tritt. Die erneuerte Wirksamkeit einer gehemmten Thätigkeit kann aber sicher nicht ohne Einfluss auf das bisherige Gleichgewicht der inneren Reactionszustände desselben Atoms und auf sein Verhalten zu andern Atomen bleiben. Indem eine oder mehrere gebundene Kräfte als freie auftreten, müssen auch die äusseren Lagen- und Bewegungsverhältnisse der miteinander verbundenen Atome und Massentheilchen eine entsprechende Abänderung erfahren.

Das organische Leben auf unserer Erde konnte sich nur allmälig entwickeln; es hat einen zeitlichen Anfang. Zuvörderst mussten ja die Atome der chemischen Grundstoffe, welche die näheren Bestandtheile der Organismen constituiren, vermöge mannigfacher Wechselwirkungen eine Menge innerer Reactionszustände gewinnen, ehe sich dieselben in irgend einer organischen Form mit einander vereinigen konnten. Eine zweckmässige organische Gestaltung erforderte aber nicht blos eine Menge, sondern ein geordnetes System von inneren Zuständen, welches nur vermöge einer geordneten Reihe von Wechselwirkungen herbeigeführt werden konnte. Höhere Organismen — Pflanzen sowohl als Thiere — konnten erst gedeihen, nachdem ihnen durch niedere Organismen der Boden und die Nahrung bereitet waren. Die Existenz des Thierreiches ist, wie bereits hervorgebobon wurde, an das Pflanzenreich gebunden. Die Pflanzen zerlegen nicht nur die von den Thieren ausgehauchte und sonst in Folge von Verbrennungsprocessen sich entwickelnde Kohlensäure in Kohlen- und Sauerstoff, wobei sie den letzteren der Atmosphäre zurückgeben, sondern bilden auch aus verschiedenen chemischen Grundstoffen, die sich ihnen in gewissen Verbindungen darbieten, organische Molecüle von solcher Art, wie sie als nähere Bestandtheile in dem thierischen Organismus vorkommen. Namentlich haben wir in dieser Beziehung der Eiweisskörper gedacht. Diese Körper werden gewiss, wenn sie in einen thierischen Organismus gelangen, in eine continuirliche Folge von neuen inneren Zuständen hineingeführt. Ihre innere Bildung empfängt einen Zuwachs, eben indem sie durch ihre Wechselwirkung mit den betreffenden Theilen des Organismus allmälig dieselben inneren Zustände gewinnen, welche den näheren Bestandtheilen desselben bereits eigen sind. Auf solche Weise werden sie

assimilirt: je nach der Eigenthümlichkeit des Organismus, der sie als Nahrungsmittel aufnimmt. Da nun überall innere Ungleichheit das Princip der Anziehung, Gleichartigkeit aber das der Abstossung ist, so ergibt sich, dass in dem System der innerlich gebildeten Atome, welches einen Organismus darstellt, die Anziehung nur so lange dauern kann, als die Assimilation der neu aufgenommenen Elemente noch nicht ganz vollendet ist, dann aber Expansion folgen muss. Die innerlich fast vollkommen gleichartig gebildeten Molecüle werden sich von einander zu entfernen streben und die minder ausgebildeten Molecüle zwischen sich aufnehmen, indem sie selbst bis zu einem bestimmten Betrage auseinander rücken. Diejenigen Molecüle, welche in Rücksicht ihrer inneren Bildung schon vollkommen gleichartig sind, werden wegen überwiegender Repulsion aus dem organischen Verbande, dem sie eine Zeit lang angehörten, gänzlich ausscheiden und zerfallen, zumal wenn sich ein Stoff darbietet, der sich mit einer gewissen Atomgruppe dieser Molecüle chemisch verbinden kann. Man denke in dieser Beziehung an den (vermöge des Athmens) vom Blute aufgenommenen Sauerstoff, der bekanntlich in Betreff des thierischen Stoffwechsels eine hervorragende Rolle spielt.

Die im Vorstehenden hinsichtlich der Biologie dargelegten Grundbegriffe gestatten nun auch eine tiefere Begründung einiger Gedanken, welche zur Darwin'schen Theorie in sehr naher Beziehung stehen. Zuvörderst gehört hierher der Gedanke, dass sich das organische Leben auf unserer Erde aus sehr einfachen Anfängen allmälig entwickelt habe. Die innere Bildung der Atome, welche das organische Leben bedingt, konnte ja nur allmälig entstehen. Nur von der niedrigsten Vegetation beginnend konnten die chemischen Elemente jene innere Bildsamkeit und damit die Fähigkeit gewinnen, den höheren Organismen als Nahrung zu dienen. Dass sich das Reich der lebenden Organismen stufenweise erhoben hat, ist ja auch erfahrungsmässig begründet. Im Sinne der Darwin'schen Theorie hat man auch hingewiesen auf die allmälige geistige Entwickelung der Menschheit vermöge einer Summirung und Combination verschiedener einzelner Vorgänge, so dass sich von einer Generation zur andern eine immer grössere Mannigfaltigkeit herausstellt, indem die früheren Generationen den späteren vorarbeiten. Dergleichen findet sich namentlich im Hinblick auf die Ausbildung der bürgerlichen Gesellschaft oder des Staates. Wir haben es hier wiederum

mit Erfahrungsmässigem zu thun, das auf Grund der obigen Principien eine bestimmtere theoretische Deutung zulässt. Erinnert sei auch an das geistige Leben des einzelnen Menschen, welches gleichfalls von relativ sehr einfachen Anfängen aus sich entfaltet. Die psychischen Thatsachen führen mit einer gewissen Nothwendigkeit zur Annahme einer einfachen Substanz, als des gemeinsamen Trägers aller geistigen Thätigkeiten, die man einem Individuum zuschreibt. Ursprünglich besitzt dieses Wesen, das sich qualitativ von allen den Leib constituirenden Atomen beträchtlich unterscheiden mag, eben so wenig als die letzteren irgend welche Kräfte. Es gibt keine ursprünglichen Seelenvermögen. Wohl aber gewinnt die Seele vermöge ihrer Wechselwirkung mit den Atomen des Gehirns und der Sinnesnerven eine Menge innerer durch die Aussenwelt veranlasster Reactionszustände, so namentlich die mannigfachen Sinnesempfindungen, die wir als das erste Material des geistigen Lebens anzusehen haben. Aus diesem Material gestalten sich auch die höheren geistigen Gebilde, indem die von den verschiedenen Sinnesempfindungen herrührenden einfachen Vorstellungen sich auf die mannigfachste Weise, je nach ihren Intensitäten und den zwischen ihnen bestehenden Gegensätzen, wechselseitig hemmen, aber auch zu grösseren und kleineren Gruppen, die wieder mannigfach ineinander greifen, miteinander verbinden. So können aus den zunächst gebildeten einfachen Vorstellungsreihen allmälig Gewebe von Reihen und Reihen von Complexionen verschiedener Vorstellungen entstehen, und schliesslich auch höhere geistige Gebilde zu Tage treten *). Die Seele des erwachsenen Menschen bietet das ausgezeichnetste Beispiel der inneren Bildung eines einfachen Wesens, die freilich nur möglich ist durch seine Verbindung mit einem organisch gegliederten Systeme anderer

*) Näheres darüber s. in Herbart's psychologischen Werken. Vglch. auch W. Drobisch: Empirische Psychologie nach naturwissenschaftlicher Methode, und erste Grundlinien der mathematischen Psychologie, Leipzig 1850; ferner G. Schilling: Lehrbuch d. Psychologie, Leipz. 1851, — so wie auch eine Abhandlung desselbeo Verfassers über die Reform der Psychologie durch Herbart in Zeitschrift für exacte Philosophie Bd. III u. V; W. F. Volkmaon: Grundriss der Psychologie nach genetischer Methode 1856; C. S. Cornelius: Die Theorie des Sehens und räumlichen Vorstellens, vom physikalischen, physiologischen und psychologischen Standpunkte aus betrachtet. Halle 1861; — endlich eine Abhandlung über die Wechselwirkung zwischen Leib und Seele in Zeitschrift fur exacte Philosophie Bd. IV.

einfacher Wesen, die wir mit dem Namen „Atome" bezeichnet haben.

Von den mathematisch bestimmbaren Gesetzen nun, welche für die Wechselwirkung der Vorstellungen in der Seele gelten, lässt sich auch Anwendung machen auf die Wechselwirkung einer Vielheit von Menschen, die auf einem gegebenen Boden zusammenleben. Auf analoge Weise nämlich wie die verschiedenen Vorstellungen in der Seele werden die einzelnen Menschen sich untereinander verbinden und gegenseitig hemmen, da es auch hier neben dem Gemeinsamen, das zur Vereinigung treibt, an mannigfachen Gegensätzen (widerstreitenden Interessen) nicht fehlt. Die verschiedenen Individuen werden sich gegenseitig im directen Verhältniss ihres Gegensatzes und im umgekehrten ihrer Stärke hemmen und demgemäss in ein bestimmtes Gleichgewichtsverhältniss zueinander treten. In Folge der verschiedenen Hemmungen und Verschmelzungen werden mancherlei gesellschaftliche Gruppen nebeneinander entstehen, so dass jedes Individuum seinen Platz hat in einer grösseren oder kleineren Gruppe, die durch verschiedene Mittelglieder mit dem Ganzen der Gesellschaft mehr oder minder innig zusammenhängt. — Jedem System von Kräften wohnt ein Streben zum Gleichgewichte inne. Dies gilt auch in Ansehung des Staates. Doch erreichen die hier in Betracht kommenden Kräfte ihren Gleichgewichtspunkt niemals vollständig, wie sie denn auch von diesem Punkte, wenn sie demselben schon nahe stehen, sehr leicht wieder entfernt werden können. Störungen des gesellschaftlichen Gleichgewichtes werden entstehen, wenn die äusseren Einwirkungen sich ändern, oder wenn bisher gebundene Kräfte zu freier Wirksamkeit gelangen, früher getrennte Kräfte sich verbinden, oder bisher verbundene sich irgendwie voneinander trennen. So können im Laufe der Zeit sehr beträchtliche Abänderungen in der Configuration der bürgerlichen Gesellschaft sich herausstellen. Viele Störungen des gesellschaftlichen Gleichgewichtes werden, wenn sie auch anfänglich sehr auffallend waren, ohne bedeutende Folgen für das Ganze vorübergehen, indem die herrschenden Kräfte sammt den schwächeren, mit ihnen associirten Kräften zu ihren früheren Gleichgewichtspunkten energisch zurückkehren. Die oben erwähnten Hemmungsgesetze bringen es nothwendig mit sich, dass eine grosse Anzahl schwächerer Kräfte dem Uebergewichte einiger, verhältnissmässig weniger, hervorragenden weichen muss, so dass die schwachen nur

noch in Verbindung mit den starken etwas bedeuten und vermögen. Doch kann die eben vorhandene Unterordnung der schwächeren Kräfte unter die stärkeren einen sehr auffallenden Wechsel erfahren, wenn es den schwächeren Kräften gelingt, sich inniger miteinander zu verbinden, so dass sie nun als eine Gesammtkraft einem gemeinsamen Ziele zustreben. — Die hier dargelegten Grundbegriffe führen, gehörig entwickelt, zu einer Statik und Mechanik der bürgerlichen Gesellschaft oder des Staates, wobei man jedoch zunächst von denjenigen Gestaltungen des staatlichen Lebens abzusehen hat, welche als kunstvolle Wirkungen absichtlicher Reflexionen, namentlich der positiven Gesetze zu betrachten sind. Darnach ist der Staat ursprünglich keineswegs ein Organismus, obschon derselbe unter günstigen Umständen allerdings eine gewisse organische Beschaffenheit gewinnen kann. Auch ist der Staat nichts weniger als ein Werk menschlicher Willkür, sondern vielmehr ein Naturproduct. Wohl sind die in ihm wirksamen Kräfte vornehmlich menschliche Willensäusserungen; allein das Wollen der Menschen hängt sowohl der Form als dem Inhalte nach von mancherlei andern Kräften und Verhältnissen ab, über welche menschliche Willkür wenig oder gar nichts vermag.

Was nun die Darwin'sche Transmutationstheorie im engeren Sinne angeht, so findet dieselbe unter Bezugnahme auf die obigen Principien nicht sowohl Bestätigung als vielmehr Widerlegung. Nach diesen Principien inhäriren den Atomen der verschiedenen Massentheilchen, aus welchen ein organischer Keim besteht, geordnete Systeme von inneren Reactionszuständen, durch welche sowohl die Art und Weise der Aufnahme neuer Elemente als auch die Ausscheidung anderer, überhaupt die weitere Entwickelung des Keimes bestimmt wird, sobald ein gewisses zwischen seinen Atomen und Massentheilchen bestehendes Gleichgewicht aufgehoben ist. Diese Theilchen fügen sich dann zu neuen Gruppen zusammen, während die Atome der neu aufgenommenen Stoffe in Folge ihrer Wechselwirkung mit den bereits im Keime vorhandenen nun selbst in eine geordnete Reihe von inneren Zuständen versetzt werden, womit das, was man Assimilation nennt, in unmittelbarem Zusammenhange steht. Demnach beruht jede Form einer Pflanze oder eines Thieres auf einem Systeme innerer Zustände verbundener Elemente, und jeder Keim, aus dem die Form des ganzen Individuums sich entwickeln kann, muss dieses System innerer Zustände

schon in sich tragen. Diese mannigfachen zu einem System geordneten inneren Zustände bestimmen eine entsprechende Mannigfaltigkeit der äusseren Gestaltung, wenn das innere Gleichgewicht des Keimes gestört ist und von dem letzteren neue geeignete Elemente von aussen aufgenommen werden. Denn die äusseren Lagen - und Bewegungsverhältnisse der Atome und Massentheilchen müssen, wie wir schon mehrfach bemerkten, durchaus den inneren Reactionszuständen und den damit unmittelbar verknüpften attractiven und repulsiven Kräften entsprechen. Darnach braucht der Keim keineswegs die ganze Gestalt des künftigen Individuums wie ein Modell im voraus darzustellen; es genügt ein Anfang von Gestaltung, um den neu aufgenommenen, assimilirten Elementen die Stellen anzuweisen, die sie dem System der inneren Zustände gemäss einnehmen sollen.

Mit dem Keime ist nun bestimmt die fernere Evolution vollständig gegeben. Dieselbe kann in Folge der Gunst oder Ungunst äusserer Verhältnisse beschleunigt oder verzögert, wohl auch gänzlich verdorben, nicht aber durchgreifend verändert werden. Mancherlei Variationen sind hier allerdings denkbar; doch müssen sich dieselben innerhalb der Grenzen halten, welche durch das den Elementen des Keims innewohnende System innerer Zustände gesetzt sind. Dieses den normalen Typus bedingende System mag also während der Evolution des Keims in Rücksicht einzelner Glieder mancherlei Hemmungen oder Förderungen erfahren; allein es kann nicht durch den unmittelbaren oder mittelbaren Einfluss äusserer Verhältnisse so umgestaltet werden, dass aus ihm ein höherer Organismus entstehen könnte. Innere Gründe zu einer solchen Umgestaltung gibt es hier nicht, da das bezeichnete System und mit ihm der Keim unmöglich das Bestreben haben kann, sich selbst zu übersteigen. Aus einem Keime, dessen System innerer Zustände ein Thier ohne Herz oder ein solches mit wenigen Nervenknoten bedingt, kann niemals von selbst, welche Complexe äusserer Umstände auch hinzukommen mögen, ein Thier mit Herz und Lunge oder ein solches mit Rückenmark und Gehirn erwachsen. Aeussere Einflüsse von Seiten des Lichtes, der Wärme, Elektricität u. s. w. können dergleichen gewiss nicht bewirken. Ebenso wenig vermögen die Schicksale, welche dem erwachsenen Thiere begegnen, eine wesentliche Umgestaltung seiner Organisation herbeizuführen. Dies haben wir schon bei Besprechung der Darwin'schen

Theorie erkannt. — Niemals kann also die vorhandene Art der inneren Bildung irgend eines Elements oder einer Mehrheit miteinander verbundener Elemente sich selbst übersteigen. Soll etwas Neues und zwar Höheres entstehen, so muss jene Bildung durch neue innere Zustände einen Zusatz von besonderer Art erhalten, wo denn die Evolution des Keims unter geeigneten äusseren Umständen auch eine den neu gewonnenen inneren Zuständen entsprechende Gestaltung mit sich führen wird. Zu einer solchen Erhöhung der inneren Bildung gewisser Elemente gehören aber besondere Bedingungen, d. h. geordnete Wechselwirkungen mit andern Elementen, nicht blosse Modificationen von der Art, wie sie durch die variabeln Licht-, Wärme- und sonstigen klimatischen Verhältnisse bewirkt werden.

Wenn wir also auch im Sinne jener Principien eine stufenweise Entwickelung des organischen Lebens entschieden anerkennen müssen, so können wir uns doch nicht mit der Darwin'schen Ansicht befreunden, nach welcher die höheren Arten aus den niederen durch eine allmälige Transmutation der Individuen hervorgegangen sein sollen. Eher können wir noch an eine Entstehung der höheren Organismen aus den Keimen oder Eiern niederer Organismen denken. Diese Ansicht wurde neuerdings namentlich von Prof. H. Baumgärtner *) hervorgehoben. Derselbe verwirft den Gedanken einer Metamorphose der Pflanze zum Thier. Die Organisation der höheren Thiere ist so sehr von der aller Pflanzen verschieden, dass ihre Keime nicht aus einer Metamorphose von Pflanzen oder Pflanzensamen abgeleitet werden können. Namentlich verbietet die in den Zellen der Pflanzen überall vorhandene Cellulose den Gedanken der Entstehung eines höheren thierischen Organismus aus einer Ansammlung vegetabilischer Substanzen. Die Keime der höheren Thiere konnten nach Baumgärtner nur die Eier niederer Thiere sein. Wenn bei jeder neuen Schöpfungsperiode die Pflanzen- und die Thierwelt nur allmälig auf den Gräbern der untergegangenen Geschöpfe emporwachsen, und die Keime für die Thierwelt, namentlich für die höheren Thiere nicht unmittelbar aus den Elementen sich bilden konnten, so müssen es Erzeugnisse des untergegangenen Lebens gewesen sein, aus welchen sich die höhere

*) Anfänge zu einer physiologischen Schöpfungsgeschichte der Pflanzen- und Thierwelt, 1855; — Schöpfungsgedanken, 1860; — Naturreligion etc. 1865.

Organisation der jetzigen Welt entwickelte. Diese Erzeugnisse waren nun eben die zurückgebliebenen Eier oder Keime der untergegangenen niederen Organismen. Im Hinblick auf die Entstehung der zwei höheren Klassen von Wirbelthieren nimmt Baumgärtner an, dass die Vorläufer der Vögel zur Klasse der Fische, die der Säugethiere aber zur Klasse der Reptile gehört hätten. Vögel nämlich zeigen sich in den versteinerten Fährten schon in den oberen Schichten der paläolithischen Zeit, vor welchen Perioden es noch keine Reptile gegeben zu haben scheint, wohl aber Fische. Da jedoch die bis jetzt noch nicht gefundenen Spuren von Reptilien in den devonischen Schichten kein sicherer Beweis sind *), dass es damals noch keine Thiere der Art gab, so könnten auch von den Vögeln Reptile die Vorläufer gewesen sein, zumal da im inneren Baue die Reptile den Vögeln näher stehen als die Fische. Aus einer Vergleichung der Organisation des Reptils und der oberen Thierklassen suchte Baumgärtner darzuthun, dass es keiner grossen Einbildungskraft bedürfe, um begreifen (!) zu können, wie z. B. aus dem Ei eines Pterodactylus (eines fliegenden Reptils) unter gewissen organisirenden Einflüssen eine Larve hervorging, welche sich zu einem vollkommenen Vogel umbildete. Auch soll es nicht schwer halten, die Umwandlung des Reptileies zur Larve des Säugethieres, vermittelst neuer organisirender Kräfte, zu begreifen (!), da, wie bei dem Vogel, der Uebergang der einen Form des Blutkreislaufes in die andere leicht erfolgen konnte, das Gehirn der höchsten Reptile dem Gehirne der niederen Säugethiere schon sehr nahe stehe, und die Umwandlung der Reptilschuppe in eine Mutterzelle von Haaren durch fortgesetzte Spaltungen ebenfalls leicht zu begreifen (!) sei, u. s. w. Die Vorläufer des Menschen sieht Baumgärtner in den Säugethieren, ohne dabei gerade an den Affen zu denken. Freilich muss hier vorausgesetzt werden, dass das Säugethierei auch ausserhalb des Mutterthieres seine Existenz fortzusetzen vermochte. In dieser Beziehung wird an die Extrauterinschwangerschaft und die geglückte Transplantation der Eierstöcke erinnert, woraus zu entnehmen sei, dass bei den Säugethieren die Eier auch an andern Stellen als den ursprünglich für sie bestimmten sich entwickeln können. Nun konnte vermöge von aussen wirkender organisirender Kräfte, welche zu jener Zeit einen mächtigen Einfluss auf die Erd-

*) Reste gewisser Saurier hat man in den devonischen Schichten gefunden.

oberfläche und den ganzen Erdkörper ausübten, ein Abgang der reifen Eier und vielleicht selbst der Tod der Thiere herbeigeführt werden. Die abgegangenen Eier, in welchen durch die äusseren organisirenden Einflüsse eine Bewegung erregt worden war, bedurften der Zufuhr von Nahrungsstoffen von Seiten der Mutter nicht. Der neu sich entwickelnde Embryo fand als Larve seine Nahrung in der Aussenwelt, und athmete durch Kiemen, welche bei sämmtlichen Vögeln und Säugethieren in ihrem Embryonalzustande jetzt noch vorhanden sind. Den ersten Stoffwechsel vermittelte der Sauerstoff der Atmosphäre und des Wassers.

Die Erzeugung der untersten Thiere und die der Pflanzen betrachtet Baumgärtner nicht als zwei voneinander unabhängige Schöpfungsacte. Durch die organisirenden Kräfte entstanden aus den anorganischen Elementen zuvörderst organische Atomgruppen. Die organische Materie sammelte sich an gewissen Stellen um bestimmte Anziehungsmittelpunkte. Der erste Act der organischen Bildung konnte nur in einem Zusammentreten der Substanzen, nicht in sofortiger Differenzirung der Materie zu Pflanzen- und Thierkeimen bestehen. In dem zweiten Acte traten aber die Vorgänge ein, welche die Bildung von Zellen bedingten. Es entstanden die Mutterzellen des organischen Lebens. In diesen Zellen waren die Anfänge beider organischen Reiche zugleich eingeschlossen. Bezüglich jeder einzelnen Zelle lässt sich Zellenkern und Wandung sowie Zelleninhalt unterscheiden, welche Theile in ihrer chemischen Beschaffenheit und organischen Structur voneinander verschieden sind. Im Thiereie, welches ebenfalls eine Zelle ist, kann man die Entstehung zweier ganz verschiedenen Bestandtheile wahrnehmen. Man nennt den einen dieser Bestandtheile das animale, den andern das vegetative Blatt. Das letztere besorgt im künftigen Leben die erste Stoffbereitung, während das erstere der Träger von eigentlich thierischen Functionen ist. Es wird angenommen, dass dieser Gegensatz in den Urzellen des organischen Lebens sich ebenfalls bildete. Die Keime der Thierwelt dürften in dem Zellenkerne oder, bei weiterer Entwickelung jener Mutterzellen, in den dem animalen Blatte analogen Theilen des Thiereies zu suchen sein, wogegen die Pflanzenkeime in dem übrigen Theile der Zelle entstanden. Nachdem sich nun in einer Mutterzelle, nach den Gesetzen der Zellenbildung, eine gewisse Mannigfaltigkeit der Theile gebildet hatte, ging aus derselben, in Folge einer Zerklüftung, eine Anzahl von Keimen

hervor, von welchen diejenigen, die in diesen Urzellen das vegetative (oder Visceral-) Blatt bildeten, die Keime der niederen Pflanzen wurden, und die des animalen Blattes zu den ersten Thieren sich entwickelten. Diesen Thieren war durch die Art ihrer Entstehung die für sie taugliche Nahrung mitgegeben, während die aus der Keimmetamorphose entstandenen Thiere schon höher organisirt waren und bald Bewegungsorgane und Fresswerkzeuge erhielten, so dass sie in der aus den Pflanzenkeimen hervorwachsenden Saat und bald auch im Thierreiche ihre Nachrung aufsuchen und sich aneignen konnten. Viele Thiere konnten aus ihren Eiern nur im Larvenzustande hervorgehen. Namentlich gilt dies für sämmtliche Vögel und Säugethiere, da denselben, besonders den letzteren, nicht so viel Nahrung im Dottersacke beigegeben war, als die Metamorphose des Embryonallebens erforderte. Sie mussten nach Nahrung ausgehen. Die Kiemen waren bei ihnen auf analoge Weise wie bei den Froschlarven sehr entwickelt. Auch der übrige Körper musste den äusseren Verhältnissen für die Ortsbewegung des Thieres und das Ergreifen der Nahrungsmittel angepasst sein. In Folge dieser Verhältnisse und auch des Umstandes, dass das Ei des höheren Thieres aus einer niederen Klasse von Thieren abstammte, mussten zwischen der Form des jetzigen Embryos der betreffenden Thiere und der Form jener Thierlarven doch noch bedeutende Unterschiede stattfinden, welche vielleicht erst vollständig verschwanden, nachdem die erste Nachkommenschaft dieser neuen Thierspecies auf gewöhnliche Weise erzeugt war und sich entwickelt hatte. — Die Vögel und Säugethiere lebten während ihres Larven- oder Embryonalzustandes in Wasseransammlungen. Die Metamorphose dieser Larven geschah im Allgemeinen auf eine ähnliche Weise, wie es noch jetzt z. B. bei den Larven der Batrachier vorkommt. Bei dem Menschen dauerte die Zeit der Metamorphosen am längsten, da derselbe viel später als die übrigen Säugethiere zu einer selbstständigen Existenz übergeht. Die Stellen des trocknen Landes, welche den zwei oberen Thierklassen zunächst als Wohnstätte dienten, waren die am höchsten gelegenen Theile der Erde, welche zuerst, bei dem Abflusse der Wasser des Diluviums, trocken gelegt wurden. Sträuche und Bäume waren wohl schon gewachsen und ein bunter Blumenflor bedeckte die Höhen der Erde, als der Mensch in seine eigentlichen, für ihn bestimmten Verhältnisse eintrat. Während in den hochliegenden Gegenden die Schöpfung schon vollendet war, dauerten

in den Niederungen die Wirkungen des Diluviums länger fort und die Thier- und Pflanzenwelt stand hier noch in der Zeit der Metamorphosen.

Wir haben diese von Baumgärtner weiter entwickelte Hypothese der Keimmetamorphosen etwas ausführlicher dargelegt, weil sie uns, namentlich der Darwin'schen Transmutationstheorie gegenüber, der Beachtung nicht geradezu unwerth erscheint. Den Gedanken, dass sich die höheren Organismen aus den Keimen niederer entwickelten, können wir nicht schlechthin verwerfen. Vorläufig handelt es sich hier nur um eine gewisse Möglichkeit, die wir anerkennen müssen. Zur Zeit fehlt dem Gedanken eines genetischen Zusammenhanges der organischen Schöpfung noch eine genügende empirische Basis. Allerdings verräth diese Schöpfung unverkennbar einen gewissen einheitlichen Plan. Die urweltlichen Pflanzen und Thiere sind im Wesentlichen nach demselben Plan wie die der Jetztwelt gebaut, obschon die ersteren in Ansehung ihrer besonderen Formen um so mehr von den gegenwärtigen abweichen, je weiter sie in die Vergangenheit zurückreichen. Allein wenn auch die gesammte organische Welt sich als ein harmonisch gegliedertes Ganze darstellt, so liegt darin noch keine Nöthigung zu der Annahme, dass die höheren Organismen aus den niederen hervorgegangen seien. Jene Einheit und Harmonie verträgt sich sehr wohl mit selbständigen Anfängen der höheren Formen, die freilich aus bereits angeführten Gründen erst ins Dasein treten und sich entwickelen konnten, nachdem niedere Organismen vorausgegangen waren. Die letzteren bedingten wohl die Existenz der höheren Formen, lagen ihnen aber nicht als Keime zu Grunde.

Doch lässt sich für einen genetischen Zusammenhang der organischen Schöpfung in dem oben bezeichneten Sinne Einiges anführen. Aus neueren Untersuchungen hat sich nämlich ergeben, dass die Pflanzen- und Thierarten an den Grenzen der Erdperioden in einander greifen, und dass demnach die früher gehegte Ansicht von scharf abgeschnittenen Schöpfungsperioden, deren jede durch eine besondere, von der vorhergehenden ganz unabhängige Pflanzen- und Thierschöpfung charakterisirt sei, nicht festgehalten werden kann. In Rücksicht einzelner Arten, die von einer Periode in eine folgende übergehen, erscheint die Abstammung der jetzt lebenden Individuen von denen der vorhergehenden (tertiären) Periode nicht zweifelhaft. Andere Arten weichen in mehr oder minder wesent-

lichen Punkten von denen des vorangehenden Weltalters ab, stehen ihnen aber doch so nahe, dass man eine Mitwirkung der alten Arten bei ihrer Bildung annehmen muss, und diese kann man sich, wie Oswald Heer *) glaubt, nicht wohl anders denken, als dass sie von ihnen ausgegangen und die bestehenden Unterschiede im Laufe der Zeit entstanden seien. Heer bezeichnet sie als homologe Arten. Dagegen erscheinen viele andere Pflanzen und Thiere von den früheren fast gänzlich verschieden. Für ganze Klassen fehlen die verbindenden Uebergänge. So schwer es auch hält, sagt Heer, uns über den Ursprung dieser Typen, in welchen ganz neue Bildungsmotive sich aussprechen, Rechenschaft zu geben, so liegt es doch näher, sie aus der organischen als aus der unorganischen Welt herzuleiten. Man hätte anzunehmen, dass die grossen Lücken durch das Ausfallen verloren gegangener Arten entstanden seien. Nur unter Voraussetzung eines genetischen Zusammenhanges der ganzen Schöpfung könne man sich eine Vorstellung von der Entstehung der Arten machen, die sich an bekannte und uns verständliche Vorgänge in der Natur anknüpfen lasse. Doch sei dabei an eine allmälige und immer gleichmässig fortgehende Umwandlung der Arten nicht zu denken, sondern vielmehr an eine Umprägung der Formen in relativ kurzer Zeit. Demzufolge spricht Heer von einer Umprägung der Arten, die einen ganz andern Sinn hat als die von der Darwin'schen Theorie aufgestellte Transmutation oder Verwandlung, indem sie nicht nöthigt, entgegen den Ergebnissen der Wissenschaft ein unmerkliches Verschmelzen der Arten anzunehmen. Diese Umprägung der Arten ist nun unseres Erachtens wohl vereinbar mit der Theorie der Keimmetamorphosen, wenigstens insofern als die letztere in der That den Gedanken einer Umprägung der Formen in relativ kurzer Zeit einschliesst. Um den Vorgang der Umprägung einigermassen zu deuten, erinnert Heer an die Verwandlungen, welche manche Thierarten durchmachen. „Aus dem Ei wird die Raupe, aus dieser die Puppe und erst dieser entsteigt der Schmetterling. Die Raupe ist in ihrer Körperform und Bildung gänzlich verschieden vom Schmetterling, ebenso die Made von der Fliege, die Larve vom Käfer und wüssten wir nicht, dass dies nur Jugendzustände seien, so würden wir sie ohne Zweifel in eine ganz andere Thierklasse bringen. Es gibt nun eine Zahl von niedern Thieren, bei

*) a. a. O. S. 49.

welchen die den Raupen oder Larven entsprechenden Jungen sich theilen und somit vermehren, so dass aus einer Larve eine ganze Zahl von Individuen hervorgeht, die sich von denen, welche auf der Endstufe der Entwickelung stehen, unterscheiden etwa wie die Raupen vom Schmetterlinge. Die Art ist also in mehre Formen gespalten, die nicht allmälig, sondern sprungweise entstanden sind. Es erinnert daher dieser Vorgang, den man Generationswechsel nennt, wenigstens in dieser Beziehung an jenen, den wir die Umprägung der Arten genannt haben. Es lässt sich denken, dass manche Arten der Jetztzeit in früheren Perioden in einer Form ausgeprägt waren, welche zu der jetzigen wie die Larve zum ausgewachsenen Thiere sich verhält, wie denn in der That manche Arten früherer Perioden mit den Larven oder Embryonen jetzt lebender verglichen werden können.“ Indessen darf man bei diesen Vergleichen, bemerkt Giebel, nach dessen Darlegung *) sich eben wohl die organische Schöpfung früherer Perioden zu der gegenwärtigen wie die Larve zum reifen Insect verhält, nicht unbeachtet lassen, dass die Larve nur äusserlich und scheinbar einem Wurme gleicht, in der ganzen Anlage ihres Organisationsplanes dagegen schon wirklich Insect ist. Dieses Verhältniss hat auch im Generationswechsel statt. Vom letzteren weicht die Umprägung der Arten, wie Oswald Heer weiter hervorhebt, in einem Punkte wesentlich ab. Bei einem solchen Wechsel gewinnen nämlich alle Individuen auf der letzten Entwickelungsstufe die dem ausgewachsenen Insecte entsprechende Form und erhalten auf dieser Stufe erst ihre Geschlechtsreife; daher die ganze Reihe von Bildungen schliesslich wieder zum selben Punkte zurückkehrt und sich sonach die Art immer in demselben Kreise bewegt, während bei der Schöpfung neuer Arten eine Fortbewegung in einer Schraubenlinie stattfand und ganz neue Lebenspunkte gesetzt wurden. Wenn sie auch aus andern ähnlichen hervorgegangen, so kehren sie doch nie mehr zur selben Form zurück, sondern behalten von nun an ihren fest ausgeprägten Typus bei.

Schliesslich erinnert Heer noch an ein merkwürdiges Zusammentreffen der Umbildung der festen Erdrinde mit der Entwickelung der organischen Natur. Der Umgestaltungsprocess der Erdrinde schritt nach dem Erachten vieler Geologen keineswegs gleich-

*) Allgemeine Paläontologie, 1854; — Zeitschrift für ges. Naturwissens. 1858. XII. S. 395; — Tagesfragen aus der Naturgeschichte, 1859.

mässig fort, sondern auf Zeiten langer relativer Ruhe folgten grössere Umwälzungen. Dieselbe Erscheinung verräth sich auch im Gestaltungsprocess der organischen Natur. Es gab Schöpfungszeiten, in welchen eine Umprägung der Typen vor sich ging, und eine erste Zeit, in welcher eine Neubildung der Arten stattfand. Wenn man sich nun die ersten Arten auch noch so einfach organisirt denke, müsse man doch dabei eine schöpferische Thätigkeit annehmen, in einer Weise wie sie die jetzige Natur uns nicht mehr zeigt, da jetzt auch die am niedrigsten stehenden Pflanzen und Thiere nur aus schon vorhandenen hervorgehen. Was ferner die Zahl jener Schöpfungszeiten betrifft, so ist es dermalen noch unmöglich, dieselbe mit einiger Sicherheit zu bestimmen. Unsere Hauptperioden bezeichnen wohl solche grossen Wendepunkte der Schöpfung; man findet aber auch innerhalb derselben grosse Umwandlungen, deren Bedeutung man noch nicht genügend zu würdigen vermag. So lässt sich zur Zeit noch nicht genügend entscheiden, ob die Aenderungen in der Fauna der verschiedenen Jura- und Kreidestulen von solchen neuen Schöpfungen oder nur von der Einwanderung aus andern Bildungsheerden herrühren. Je mehr aber unsere Kenntniss von der fossilen Naturwelt sich über alle Theile der Erde ausbreitet, um so mehr wird man zu unterscheiden vermögen, welche Aenderungen durch räumliche und welche durch zeitliche Verhältnisse bedingt wurden. „Die Entstehung der Arten im Besondern bleibt für uns ein Geheimniss, ein Räthsel, an dem wir zwar herumrathen können, das aber seine volle Lösung in den uns bis jetzt bekannten Naturerscheinungen und durch Anwendung der jetzt geltenden Gesetze nicht gefunden hat."

Unter Bezugnahme auf unsere oben dargelegten Principien ist nun ersichtlich, dass sich höhere Organismen aus den Keimen niederer nur dann entwickeln konnten, wenn die innere Bildung dieser Keime in Folge besonderer Wechselwirkungen einen besonderen Zusatz erhielt. Diese Keime bedurften, wie Baumgärtner richtig hervorhebt, immerhin einer bedeutenden Modification ihres ursprünglichen Bauplanes nach einem neuen ihre Entwickelung regelnden Typus, auf analoge Weise, wie auch die aus dem Pflanzen- und Thierreiche gewonnenen Nahrungsmittel eine Umlagerung der sie bildenden Elementarstoffe durch die Kräfte des betreffenden thierischen Organismus erleiden müssen, damit sie in die Organisation der Gewebe eingehen können. Es waren also, kurz gesprochen,

besondere organisirende Einflüsse erforderlich. In Ansehung dieser Einflüsse richtet Baumgärtner seinen Blick in weite Fernen; er denkt dabei an Beziehungen der Erde und unseres Sonnensystems zu andern Systemen von Weltkörpern und glaubt auch in den Formen, welche verschiedene Nebelflecke darbieten, eine gewisse Uebereinstimmung mit den Anfangs- und Grundformen des organischen Lebens gefunden zu haben. Dass in Betreff der natürlichen Vorgänge, wie wir sie an unserem Erdkörper wahrnehmen, von keinem organisirenden Einflusse die Rede sein kann, wird zugestanden. „Alle Erderschütterungen, vulkanische Ausbrüche, Ueberschwemmungen, elektrische Bewegungen bis zum zündenden Blitze u. s. w. gehen vorüber, ohne dass sie irgend ein Thier, wie es scheint, nicht einmal ein Infusionsthierchen, oder auch nur eine neue Pflanzenzelle hervorbringen." Von der Sonne kann eben so wenig ein Anstoss zu Neubildungen ausgehen. „Durch die glühendste Tropenhitze und das trefflichste Sonnenlicht, wie wichtig dieselben auch für die organische Schöpfung sind, entsteht doch kein neues Wesen, auch nicht der niedersten Art. Noch weniger als der Sonne dürfen wir aber wohl den Planeten unseres Sonnensystems solche grosse Wirkungen zuschreiben." Demnach glaubt Baumgärtner die betreffenden Einflüsse im Universum selbst suchen zu müssen, und zwar vornehmlich in dem Umstande, dass unser Sonnensystem wahrscheinlich in einer fortschreitenden Bewegung begriffen ist. Indem dasselbe nach und nach in andere Welträume tritt, werden auch seine Beziehungen zu andern Systemen von Weltkörpern einem von Zeit zu Zeit eintretenden Wechsel unterliegen. Daher können nach längeren oder kürzeren Zeiträumen nicht allein neue Bewegungen im Erdkörper sich einstellen, sondern auch Veränderungen in der organischen Schöpfung daraus hervorgehen. Wie jedoch auf diesem Wege ein Anlass zu organischen Neubildungen gegeben werden kann, vermögen wir nach dem, was Baumgärtner darüber vorbringt, nicht wohl einzusehen. Wenn die Beziehungen des Sonnensystems zu andern Systemen von Weltkörpern sich ändern, so mögen damit immerhin gewisse Aenderungen der thermischen und sonstigen Verhältnisse unserer Erde verknüpft sein, und demgemäss auch Aenderungen der organischen Welt nicht ausbleiben; allein besondere organisirende Einflüsse werden jenen andern Weltkörpern wohl ebenso wenig als den zu unserem Sonnensystem gehörigen Gliedern entströmen. Die Beziehungen, welche sich Baumgärtner zwischen den Anfängen der organischen

Schöpfung und den Wirkungen allgemeiner kosmischer Verhältnisse denkt, finden wir ziemlich dunkel, ebenso die öfter von ihm hervorgehobenen, an die alte Naturphilosophie erinnernden Polarisationen der Materie. Jene Uebereinstimmung zwischen den Gestaltungen der unauflöslichen Nebelflecke und gewisser Sterngruppen mit den Grundformen des organischen Lebens beruht doch nur auf sehr äusserlichen und entfernten Aehnlichkeiten, die durchaus nicht zu der Annahme berechtigen, dass die Umwandlung jener Nebelmassen zu Weltkörpern auf eine analoge Weise statthabe wie die Bildung und Metamorphose der organischen Zellen.

In Ansehung jener organisirenden Einflüsse lässt sich schliesslich kaum an etwas anderes als an eine schöpferische Intelligenz denken, welche die betreffenden Elemente planmässig durch eine Reihe von Wechselwirkungen hindurchführte, um denselben auf diesem Wege die innere Bildung zu ertheilen, deren sie zur Herstellung organischer Formen bedurften. Dabei lassen sich die chemischen Grundstoffe allenfalls als gegeben annehmen, d. h. sie können möglicher Weise von Ewigkeit her existiren, indem sich denken lässt, dass die Grund- und Aetheratome, welche die Molecüle oder kleinsten Massentheilchen dieser Stoffe bilden, ursprünglich beisammen waren. So lange man blos unter Möglichkeiten verweilt, steht nichts der Annahme eines ursprünglichen Zusammen aller Weltatome entgegen. Ebenso wohl ist aber auch die entgegengesetzte Annahme eines ursprünglichen Nichtzusammen dieser Atome gestattet. Wird nun eine ursprüngliche Verbindung aller realen Wesen ohne Wechsel statuirt, so ist damit auch ein mannigfaches ursprüngliche Geschehen gesetzt, jedoch ein zeitloses, weil da, wo kein Wechsel oder keine Bewegung statt hat, auch die Succession und die Zeit, welche letztere ihrem Begriffe nach die Zahl des Wechsels ist, wegfällt. Dieser Annahme entspricht gewiss nicht die uns erfahrungsmässig gegebene Welt, obwohl ihrer Entstehung ein ursprüngliches Zusammen aller sie constituirende Wesen in einer bestimmteu Weise vorausgehen konnte. Andrerseits können alle realen Wesen ursprünglich ausser einander gewesen sein: in mannigfacher ursprünglicher Bewegung begriffen. Ursprüngliche Ruhe ist hier allerdings auch denkbar. Bedarf aber die Ruhe nicht nothwendig einer Ursache, so gilt dies auch in Betreff der Bewegung, als einer blossen Veränderung des Ortes. Ruhe und Bewegung sind keine realen Prädicate der in Ruhe oder Bewegung befindlichen Dinge. In Hinsicht

auf eine unermessliche Anzahl realer Wesen ist nun aber eine ursprüngliche Bewegung derselben in mannigfachen Richtungen bei weitem wahrscheinlicher als ursprüngliche Ruhe, da diese unter zahllosen Möglichkeiten grösserer oder geringerer Geschwindigkeit nur den einen Fall bezeichnet, wo die Geschwindigkeit gerade gleich Null ist. Jedes in ursprünglicher Bewegung begriffene Wesen musste freilich diese seine Bewegung, die als eine ursprüngliche (anfangslose) rückwärts ins Unendliche zu construiren ist, nach einer bestimmten — geraden — Richtung mit bestimmter Geschwindigkeit gleichförmig fortsetzen. Jede Abweichung von der Gleichförmigkeit erfordert eine Ursache.

Beide Voraussetzungen, dass nämlich die realen Wesen alle ursprünglich zusammen, oder alle ursprünglich aussereinander waren, sind, wie Herbart *) bemerkt, ein paar Extreme, die Niemand ernstlich für wahr halten wird. Man kann aber beide Annahmen miteinander verbinden. Einige reale Wesen mögen ursprünglich zusammen, andere hingegen ursprünglich aussereinander gewesen sein. Stiess nun ein getrenntes irgend einmal auf ursprünglich miteinander verbundene, so gab es in diesem Falle zwar einen ersten Stoss oder ein erstes Zusammenkommen, nicht aber ein erstes Zusammensein. Für die ursprüngliche (anfangslose) Verbindung und für das, was in ihr geschieht (S. 188), kann der Begriff der Zeit nicht in Betracht kommen, denn wie schon bemerkt wurde: wo kein Wechsel, da ist keine Zeit. Wohl aber kann von Seiten einer Intelligenz die Frage erhoben werden, ob diese Verbindung schon damals, als das in ursprünglicher Bewegung begriffene Reale sich an diesem oder jenem Orte befand, bestanden habe. Die Antwort auf diese Frage kann nur bejahend ausfallen, und zwar für jeden Ort, den das Bewegte vorher einnahm, und für alle Zeitpunkte, welche den verschiedenen Orten entsprechen. So wird denn auf das, was an sich gar keine Zeitbestimmung zulässt, beziehungsweise die Vorstellung einer zeitlichen Dauer übertragen. Während Einiges wechselt, wird vergleichungsweise Anderem die Dauer zugeschrieben. Und so breitet sich auch die endliche Summe des Geschehens, welches in den ursprünglich miteinander verbundenen Realen stattfhat, scheinbar, nämlich für die Intelligenz, durch eine unendliche Zeit aus.

*) Sammtliche Werke. Bd. IV. S. 261 f.

Nun kann im Hinblick auf die unermessliche Menge der nach mannigfachen Richtungen in ursprünglicher Bewegung begriffenen Atome der Anfang irgend einer Reihe von Naturbegebenheiten nicht wunderbar erscheinen, ebenso wenig der Fortgang einer solchen Reihe. Indem viele Atome von entgegengesetzter Qualität zusammentrafen, konnte ein mannigfaltiges innere, durchaus gesetzmässiges Geschehen nicht ausbleiben, welchem denn die äusseren Lagen- und Bewegungsverhältnisse dieser Atome entsprechen mussten. Es entstanden nun auch secundäre, aus einem Causalverhältnisse hervorgehende Bewegungen, die wiederum weitere Folgen haben konnten. Ueber die nähere Beschaffenheit eines also beginnenden Naturlaufes lässt sich freilich auf Grund der vorausgeschickten allgemeinen Principien nichts aussagen. Gewiss haben wir auf diesem Wege nicht ohne Weiteres eine zweckmässig gegliederte Welt zu erwarten. Man darf nicht einmal behaupten, dass die chemischen Grundstoffe, so wie sie uns erfahrungsmässig gegeben sind, lediglich in Folge eines zufälligen Zusammentreffens der ihre Molecüle constituirenden Atome entstanden. Man muss dies sogar in Anbetracht der organischen Zweckformen, welchen jene Stoffe zu Grunde liegen, für sehr unwahrscheinlich halten.

Wir haben hier in Hinsicht auf die Entstehung der zweckmässig geordneten Welt nur die Wahl zwischen dem absoluten Zufall und einer schöpferischen Intelligenz, welche die realen Wesen beherrschend und ihre Qualität durchschauend sie dergestalt zusammenführte, dass sie vermöge ihrer Wechselwirkungen jene Welt bilden mussten. Wunderbar ist und bleibt der Anfang eines zweckmässigen Naturlaufes. Die Zweckmässigkeit der Organismen, sagt Herbart *), bleibt immerfort das unberührte Geheimniss, wozu uns der Schlüssel nicht auf dem Wege des Wissens kann gegeben werden.

Hat man sich nun zur Anerkennung der Existenz einer schöpferischen Intelligenz erhoben, so darf man auf dieselbe nicht ohne Weiteres diejenigen Causalbegriffe übertragen, welche sich auf Grund des erfahrungsmässig Gegebenen in uns erzeugt haben. Freilich kann diese Intelligenz nicht ohne Verbindung mit den realen Weltwesen, die sie beherrscht, gedacht werden; doch dürfen wir uns dieselbe gewiss nicht schlechthin als eine Ursache oder Bedingung

*) Sämmtliche Werke. Bd. III. S. 142.

im physikalischen Sinne denken. Man könnte hier wohl auf den Gedanken kommen, dass die schöpferische Intelligenz, die doch als von Ewigkeit her existirend angenommen werden müsse, in ursprünglicher Verbindung mit den ihr unterworfenen Wesen auch eine ursprüngliche oder anfangslose zweckmässige Weltordnung bedinge. Sind nämlich alle Bedingungen eines Phänomens oder Ereignisses vollständig beisammen, so muss dasselbe sofort, ohne den mindesten Zeitverlust erfolgen. Dieser ohne Zweifel richtige Satz *) kann jedoch hier nicht so ohne Weiteres Anwendung finden. Die schöpferische Intelligenz musste ja erst die Bedingungen herbeiführen, welche zur Entstehung einer zweckmässig geordneten Welt erforderlich waren. Dies konnte aber nur in zeitlicher Weise geschehen. Daher kann sich denn nur noch die müssige Frage erheben: warum diese Welt, insbesondere unser Sonnensystem nicht schon früher zur Entstehung gelangte. Ebenso lässt sich, wenn man die Atome als erschaffen annimmt, fragen: warum denn deren Schöpfung nicht schon früher erfolgte; denn wie weit man dieselbe auch rückwärts verlegen mag: man kann doch immer noch weiter rückwärts gehen und kommt damit zu keinem Ende, wenn die Zeitvorstellung in Anbetracht dieses Punktes einmal eingemischt wird. Nun liesse sich wohl auf jene Frage mit einigen Möglichkeiten antworten, deren Hervorhebung wir jedoch unterlassen wollen, einmal weil es sich dabei um den höchsten Gegenstand unserer Verehrung handelt, und zum andern weil die Natur der gestellten Aufgabe ein näheres Eingehen auf dergleichen nicht erfordert.

*) Vgl. Cornelius: Ueber die Bedeutung des Causalprincips in der Naturwissenschaft. 1867. S. 15 ff.



